

Dokładność określania struktury dnia roboczego pracy harwestera metodą obserwacji migawkowych

Dariusz Pszenny, Paulina Fit, Katarzyna Kwiatkowska, Bartosz Potoczny, Magdalena Koperek, Paweł Staniszewski, Tadeusz Moskalik

Abstrakt. Przeprowadzone badania dotyczyły analizy struktury dnia roboczego pracy harwestera Sampo 1046 przy wykonywaniu trzebieży w drzewostanie sosnowym. Proces pozyskiwania drewna podzielono na określone frakcje czasowe. Pomiar struktury dnia roboczego został wykonany za pomocą fotografii dnia roboczego oraz obserwacji migawkowych o interwałach 1 minuta i 5 minut. Udział czasu głównego pracy, w zależności od zastosowanej metody pomiaru, wyniósł od 70,98 do 72,73%. Czas pośredni zawierał się natomiast w przedziale od 27,27 do 29,02%. Przeprowadzone analizy wykazały, że nie ma statystycznie istotnych różnic w wynikach uzyskanych zarówno w metodzie fotografii dnia pracy, jak i przy wykorzystaniu obserwacji migawkowych w interwale 1 i 5 minutowym.

Słowa kluczowe: pozyskiwanie drewna, harwester, fotografia dnia roboczego, obserwacje migawkowe

Abstract: Accuracy of determining the working day structure of machine timber harvesting with work sampling method. The research has concerned the analysis of the working day structure of the Sampo 1046 harvester in the thinning in Scots pine forest stand. The conditions and techniques of the machine have been studied, which enabled dividing the whole process of harvesting wood into specific time fractions. Measurement of the working day structure has been made using continuous timing and work sampling at intervals of 1 minute and 5 minutes. The share of main time, depending on the measurement method used, has ranged from 70.98 to 72.73%. Intermediate time has comprised between 27.27 and 29.02%. Analyzes have shown no statistically significant differences between the different methods of time measurement.

Key words: timber harvesting, harvester, continuous timing, work sampling

Wstęp

Postęp techniczny w leśnictwie jest w obecnych czasach nieodzowny. Przy pozyskiwaniu drewna coraz częściej stosowane są nowe, wydajniejsze technologie, poprawiające efektywność ekonomiczną i bezpieczeństwo pracy. Pozyskiwanie drewna za pomocą pilarek spalinyowych jest czynnością stosunkowo mało wydajną i niebezpieczną. Z tego powodu obserwuje się w Polsce rozwój mechanizacji prac leśnych, poprzez powszechne wprowadzanie harwesterów i forwaderów (Moskalik 2002). O ile w roku 2004 było w Polsce około 10 harwesterów, to

obecnie ich liczba przekracza 500. Oznacza to, że maszynowo aktualnie pozyskuje się około 15% drewna i jest to ciągle tendencja rosnąca (Mederski i in. 2016).

Efektywność użycia harwesterów zależy od wielu czynników. Ważną grupę stanowią w tym zakresie czynniki organizacyjno-techniczne. Z tego też względu wiele uwagi poświęca się badaniu czasu pracy maszyn, za pomocą metod analizujących system wydajności, z uwzględnieniem możliwości człowieka oraz ekonomiki przedsiębiorstwa (REFA 1984). Badanie czasu pracy znajduje zastosowanie w różnych dziedzinach, w tym także przy wykonywaniu operacji leśnych. Wyniki pomiarów zużycia czasu dostarczają zarządzającemu procesem produkcji informacji niezbędnych do normowania czasu pracy oraz do optymalizowania i projektowania procesu produkcji (Żurek i in. 2007). Jednym z ważniejszych zadań w procesie produkcji jest właściwe zorganizowanie pracy, w taki sposób, aby nie występowały przestoje czy też zakłócenia procesu produkcyjnego wynikające z jej złej organizacji.

Istotnym sposobem optymalizacji procesu maszynowego pozyskiwania drewna jest analiza fotografii dnia roboczego w celu określenia jego struktury (Samset 1990). Metoda ta polega na ciągłym pomiarze kolejnych kategorii czasu zużywanego na stanowisku, z uwzględnieniem czasu pracy i przerw. Okres czasu potrzebny na przeprowadzenie jednej fotografii pokrywa się zwykle z okresem jednej zmiany roboczej lub jej części (Mrela 1979). Obiektem obserwacji jest pracownik, maszyna, pracownik i maszyna jednocześnie lub zespół pracowników bądź maszyn. Celem fotografii dnia roboczego jest uchwycenie wszystkich strat czasu i określenie stosunku między czasem pracy a czasem przerw.

Przy określaniu struktury dnia roboczego powszechnie zastosowanie znajdują dwie metody: fotografia dnia roboczego oraz obserwacje migawkowe. Chronometraż jest badaniem przebiegu określonej pracy za pomocą pomiarów oraz analizy czasu roboczego różnych czynności. Przedmiotem chronometrażu są czynności powtarzalne, stanowiące pracę właściwą. Wymaga ona podziału badanej pracy na elementy składowe i przeprowadzenia pomiarów urządzeniem mierzącym czas (stoperem, chronografem). Zasadą chronometrażu jest dokonywanie wielu pomiarów każdego elementu pracy, a ostateczny czas trwania procesu powstaje jako suma poszczególnych czasów realizacji kolejnych czynności (Glazar, Maciejewska 2008, Szewczyk 2014a).

Metoda fotografii dnia roboczego polega na ciągłej obserwacji elementów pracy i przerw oraz zapisie czasu ich trwania. Obserwacje te wykonuje się dla całego dnia roboczego (Smakuszewski 1970). Natomiast obserwacje migawkowe są metodą badania i analizy procesu pracy stosowaną najczęściej w odniesieniu do większych zespołów pracowników. Polegają one na wielokrotnym sprawdzaniu i notowaniu czynności jakie są wykonywane na poszczególnych stanowiskach. Po zakończeniu badań zlicza się liczbę obserwacji poszczególnych czynności i oblicza ich udział w ogólnej liczbie obserwacji. Obserwacje migawkowe można wykonywać systematycznie, cyklicznie lub wyrzawkowo. W badaniach procesu pozyskiwania drewna najlepsze rezultaty otrzymuje się stosując obserwacje systematyczne (Laurow 1999, Szewczyk 2014b).

Celem niniejszej pracy jest określenie różnic w dokładności metod pomiaru czasu między pomiarem w postaci obserwacji migawkowych a chronometrażu ciągłego, na przykładzie harwestera pracującego przy pozyskaniu surowca drzewnego w sosnowym drzewostanie trzebieżowym.

Material i metody

Obiektem badań był harwester trzebieżowy Sampo 1046, wyposażony w głowicę Keto 51. Badania przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Józefów (RDLP Lublin), w Leśnictwie Ose-redek, oddziale 76 d. W drzewostanie sosnowym o następującej charakterystyce: powierzchnia 5,96 ha; wiek 65 lat; bonitacja I; zadrzewienie 0,9; typ siedliskowy bór świeży; uwilgotnienie świeże; gleba rdzawa bielocowana; kategoria lasu lasy wodochronne.

Istnieje szereg metod podziału czasu pracy, czego przykładem jest na przykład norma BN76/9195-01, jednak na potrzeby prowadzonych badań został przyjęty autorski podział czasu pracy. Przed przystąpieniem do pomiarów zidentyfikowano czynności obserwowane na stanowisku roboczym oraz określono ich punkty graniczne. Czas pracy podzielono na czas główny i pośredni. Do czasu głównego zaliczono czynności bezpośrednio związane z pozyskaniem drewna. Czas pośredni stanowią czynności takie jak: czas przerw lub np. przygotowanie maszyny do pracy.

$$T = T_g + T_p$$
$$T_g = T_{g1} + T_{g2} + T_{g3} + T_{g4}$$
$$T_p = T_{p1} + T_{p2} + T_{p3} + T_{p4}$$

gdzie:

- T – całkowity czas pracy
- T_g – czas główny
- T_{g1} – zmiana stanowiska pracy maszyny
- T_{g2} – praca żurawia wraz z przyłożeniem głowicy do drzewa
- T_{g3} – ścinka i obalanie
- T_{g4} – okrzesywanie i przerzynka
- T_p – czas pośredni
- T_{p1} – czas przygotowawczo-zakończeniowy
- T_{p2} – obsługa stanowiska roboczego
- T_{p3} – czas pomocniczy
- T_{p4} – przerwy i odpoczynek

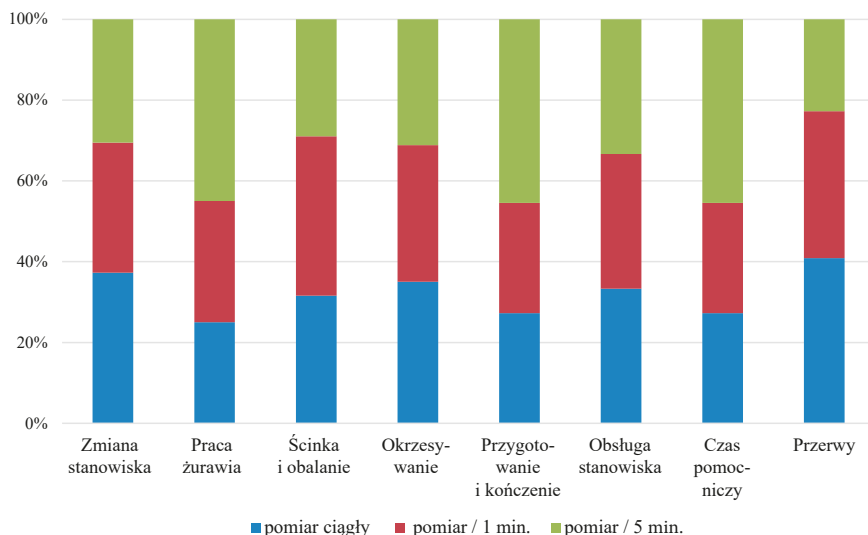
Podział ten uwzględnia rozdzielenie poszczególnych frakcji czasowych na operacje główne oraz czas pośredni, warunkujący wykonanie operacji głównych.

Prace terenowe polegały na rejestracji pracy harwestera z wykorzystaniem kamery cyfrowej. Nagrania wykonywano dla jednej, pełnej zmiany roboczej. Analiza czasu pracy maszyny wykonywana była w ramach prac kameralnych. W badaniach wykorzystano metodę ciągłej fotografii dnia roboczego, której wyniki stanowiły wartości referencyjne oraz metodę obserwacji migawkowych, wykonywanych co 1 minutę oraz 5 minut. Obserwacje migawkowe wykonywano bezpośrednio w terenie. Określono udziały procentowe poszczególnych frakcji czasowych oraz oceniono dokładność obserwacji migawkowych w porównaniu z chronometrażem ciągłym poprzez określenie błędów wyrażonych średnią ważoną (Laurow 1999). W związku z tym, że średnia ważona jest metodą, w której błędy o przeciwstawnych znakach mogą się zniżyć, w wyniku czego powstaje zaniżony wynik obrazujący dokładność metody, wykonano dalsze badania statystyczne. Porównano dokładność określania struktury dnia roboczego przy pomocy obserwacji migawkowych w dwóch różnych interwałach względem siebie oraz względem chronometrażu ciągłego. Weryfikację hipotez dotyczących tego samego poziomu śred-

nich czasów przeprowadzono przy poziomie istotności 0,05 z użyciem testu Pearsona. (Elandt 1964). Do statystycznej analizy danych wykorzystano program Statistica (StatSoft 2010).

Wyniki i dyskusja

Udział czasu głównego, w zależności od zastosowanej metody pomiaru wyniósł od 70,98% dla migawek 1 minutowych do 72,73% dla migawek w interwale 5 minutowym (ryc. 1). Czas pośredni wynosił 27,27% dla obserwacji w interwale 1 minutowym i 29,02% dla obserwacji wykonywanych co 5 minut. W czasie głównym najdłużej trwało okrzyszwanie drzew i przerynka, zależnie od zastosowanej metody pomiaru od 24,30% dla pierwszej metody i 27,33% dla drugiej metody, w stosunku do całego dnia roboczego. Jednocześnie dużo czasu przeznaczano na przemieszczanie się maszyny pomiędzy stanowiskami pracy (17,75% dla interwału 1 minutowego i 22,09% dla interwału 5 minutowego). Najdłużej trwającym elementem czasu pośredniego okazał się czas obsługi stanowiska roboczego, wynoszący nieco ponad 14%. Był to czas związany z naprawą drobnych usterek, tankowaniem, wymianą przewodnicy czy piły łańcuchowej. Największe różnice pomiędzy analizowanymi metodami a chronometrażem ciągłym będącym pomiarem referencyjnym, dotyczą frakcji o najkrótszych średnich czasach wykonania: pracy żurawia wraz z przyłożeniem głowicy (średnio 7 sek.) oraz ścinki i obalania (średnio 9 sek.).



Ryc. 1. Procentowy udział poszczególnych kategorii pracy, uzyskany za pomocą przyjętych metod
Fig. 1. Percentage share of particular categories of work, obtained by applied methods

Wyraźnie widoczna jest tendencja, że im większy procent udziału frakcji w metodzie fotografii dnia roboczego, tym występuje większa szansa na niedoszacowanie przy obserwacjach migawkowych (błąd ujemny); przy mniejszym procentowym udziale frakcji w metodzie chro-

nometrażu następuje tendencja odwrotna (błąd dodatni). Można przyjąć, że metoda obserwacji migawkowych nie marginalizuje frakcji o mniejszym udziale procentowym w strukturze dnia roboczego. Przy obserwacjach migawkowych o interwale pomiaru 1-minutowym różnica w dokładności pomiaru wyniosła 1,68%, a w przypadku pomiaru 5-minutowego 3,03%, w stosunku do metody chronometrażu.

Podsumowanie i wnioski

Wyniki badań wskazują, że obserwacje migawkowe dają wyniki zbliżone do chronometrażu ciągłego, przy czym metoda obserwacji migawkowych cechuje się znacznie mniejszą pracochłonnością zarówno na etapie wykonywania pomiaru, jak również w późniejszym opracowywaniu danych, względem chronometrażu ciągłego. Należy zauważyć, że metoda obserwacji migawkowych jest metodą uproszczającą pomiary, w efekcie czego wynik takich badań będzie nacechowany pewnym błędem. Im większy interwał czasowy między migawkami tym potencjalnie większy będzie możliwy błąd. Dlatego znając pożądaną dokładność wyniku, możliwe jest określenie niezbędnej minimalnej liczby pomiarów, do czego pomocny być może wzór Steinhaussa (Laurow 1999).

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących spostrzeżeń:

1. Przy pozyskiwaniu drewna harvesterem Sampo 1046 udział czasu głównego, w zależności od zastosowanej metody pomiaru struktury dnia roboczego wyniósł od 70,98 do 72,73%. Czas pośredni zawierał się natomiast w przedziale od 27,27 do 29,02%. Najdłużej, około jednej czwartej dnia roboczego, trwało okrzesywanie drzew i przerzynka.

2. Różnice struktury dnia roboczego pomiędzy poszczególnymi wariantami pomiarowymi nie były statystycznie istotne. Dla obserwacji migawkowych o 1-minutowym interwale pomiaru różnica w dokładności pomiaru, w stosunku do wyników uzyskanych metodą fotografii dnia roboczego, wyniosła 1,68%. W przypadku interwału 5-minutowego kształtowała się ona na poziomie 3,03%.

3. Obserwacje migawkowe nie marginalizują frakcji trwających stosunkowo krótko. Z tego też względu mogą one być stosowane z powodzeniem do określania struktury dnia roboczego przy pozyskiwaniu drewna. Cechują się one przy tym mniejszą pracochłonnością w porównaniu z chronometrażem ciągłym.

Literatura

- Elandt R. 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego. PWN, Warszawa.
- 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.
- Laurow Z. 1999. Pozyskiwanie drewna i podstawowe wiadomości o jego przerobie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Mederski P., Karaszewski Z., Rosińska M., Bembenek M. 2016. Dynamika zmian liczby harwesterów w Polsce oraz czynniki determinujące ich występowanie. *Sylwan*, 10: 795-804.
- Moskalik T. 2002. Rozwój techniki i technologii maszynowego pozyskiwania drewna. *Sylwan*, 10: 31-38.
- Mrela H. 1979. Metody badania pracy – metody i techniki organizatorskie. PWE, Warszawa.
- Samset I. 1990. Some observations on time and performance studies in forestry. *Meddeleser fra Norsk Institut for Skogforskning*, 43 (5): 1-80.

- REFA 1984. Metody badania prac cz. 1 i cz. 2. Cieszyńska Drukarnia Wydawnicza, Cieszyn.
- Smakuszewski M. 1970. Badanie i mierzenie czasu pracy. Roczny Zaoczny Kurs Organizacji i Normowania Pracy w Przemysle. Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Katowice
- StatSoft, INC. 2010. STATISTICA data analysis software system, version 10. www.statsoft.com.
- Szewczyk G. 2014a. Model strukturalny dynamiki zmienności pracy na wybranych stanowiskach roboczych w pozyskiwaniu i zrywce drewna. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie, Zeszyt 399.
- Szewczyk G. 2014b. Obserwacje migawkowe w pomiarach pracy przy pozyskiwaniu i zrywce drewna. Sylwan, 158 (11): 803-810.
- Żurek J., Ciszak O., Cieślak R., Suszyński M. 2007. Dobór metod badania czasu pracy w procesie montażu. Technologia i Automatyzacja Montażu, 2-3: 30-35.

**Dariusz Pszeny¹, Paulina Fit¹, Katarzyna Kwiatkowska¹,
Bartosz Potoczny¹, Magdalena Koperek¹,
Paweł Staniszewski², Tadeusz Moskalik²**

¹ Sekcja Użytkowania Lasu Koła Naukowego Leśników

² Katedra Użytkowania Lasu

Wydział Leśny SGGW w Warszawie

dariusz.pszenny@wl.sggw.pl, tadeusz.moskalik@wl.sggw.pl