

GRZEGORZ SZEWCZYK

Obserwacje migawkowe w pomiarach pracy przy pozyskiwaniu i zrywce drewna

Snapshot observations in work measurement during timber harvesting and skidding

ABSTRACT

Szewczyk G. 2014. Obserwacje migawkowe w pomiarach pracy przy pozyskiwaniu i zrywce drewna. Sylwan 158 (11): 803-810.

The paper presents results of examination on snapshot observation accuracy in measuring work times at harvesting and skidding of timber. High consistency between time measurements obtained by means of photography of work day method and snapshot observations was proved. Among advantages of the snapshot method one can name possibility to assess the time of work and breaks, evaluate proportion of supplementary work times and low labour intensity of the research.

KEY WORDS

timber harvesting, skidding, work measurement, chronometry, frequency study

ADDRESSES

Grzegorz Szewczyk – e-mail: rlszewcz@cyf-kr.edu.pl

Zakład Użytkowania Lasu i Transportu Leśnego; Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

Wstęp

Pomiar pracy składa się z dwóch elementów – określenia liczby produktów oraz czasu ich wytworzenia [Sajkiewicz 1981]. Pierwsza czynność nie nastrocza z reguły poważnych trudności, błędy metodyczne popełniane są raczej na drugim etapie, czyli podczas określania czasu wykonywania pracy. Zastosowanie odpowiedniej metody pomiarowej jest szczególnie ważne w złożonych, zmiennych procesach produkcyjnych, które są charakterystyczne dla leśnictwa.

Obserwacje migawkowe jako metodę pomiaru pracy wprowadzono w badaniach w przemyśle już w latach 30. ubiegłego wieku, natomiast w Polsce upowszechniono ją w końcu lat 50. Pomiar pracy przy pomocy obserwacji migawkowych polega na rejestracji zdarzeń w stałym lub zmiennym odstępnie czasowym. Częstość występowania danych czynności na stanowisku pracy przekłada się na proporcję (udział) czasu ich trwania w okresie prowadzenia obserwacji [Wołk, Strzelecki 1993; Nuutinen 2013]. Zgodnie z nomenklaturą IUFRO [Forest... 1995] w leśnictwie stosuje się określenia work sampling lub frequency study. Zmienność warunków pomiarowych oraz trudna do ustalenia sekwencyjność czynności pracy sprawiają, że badacze skupiają się raczej na ocenie większych fragmentów zmiany roboczej i przenoszeniu obserwowanych prawidłowości na całą zmianę roboczą [Häberle 1992; Samset 1990; Szewczyk 2010, 2011a]. W niniejszej pracy przeanalizowano możliwości zastosowania obserwacji migawkowych do pomiaru pracy w leśnictwie. Sposób ten jest od dawna stosowany w pomiarach pracy w przemyśle, wymaga jednak nadal dokładnego testowania w zmiennych warunkach pozyskiwania i zrywki drewna.

Celem badań była ocena możliwości zastosowania pomiaru czasu pracy metodą obserwacji migawkowych w procesach pozyskiwania i zrywki drewna. Jako punkt odniesienia przyjęto strukturę czasów zmiany uzyskaną metodą fotografii dnia roboczego.

Materiał i metody

Powierzchnie manipulacyjne objęte badaniami znajdowały się w Nadleśnictwie Staszów na terenie Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Radomiu (tab. 1). W wybranych drzewostanach przeprowadzono chronometraż czasu pracy metodą fotografii dnia roboczego [Monkielewicz, Czereyski 1971; Kärhä i in. 2004; Ovaskainen i in. 2004; Szewczyk 2011a, b, 2012]. Pomiar czasu notowano automatycznie przy wykorzystaniu PSION Workabout z oprogramowaniem „Timing” do prowadzenia chronometraży. Rejestrowany z dokładnością do 1 s czas trwania poszczególnych czynności klasyfikowano zgodnie z BN-76/9195-01 (ryc. 1). Drewno pozyskiwano na maszynowym i półautomatycznym poziomie techniki z zastosowaniem harwestera Timberjack 1070 i forwardera Timberjack 1010. W toku prac pozyskaniowych prowadzonych w systemie CTL [Pulkki 2004] wyrabiano drewno dłużycowe w długościach 8 do 12 m, kłodowane w długości 4 m oraz średniowymiarowe w postaci wałków o długości 2,5 m.

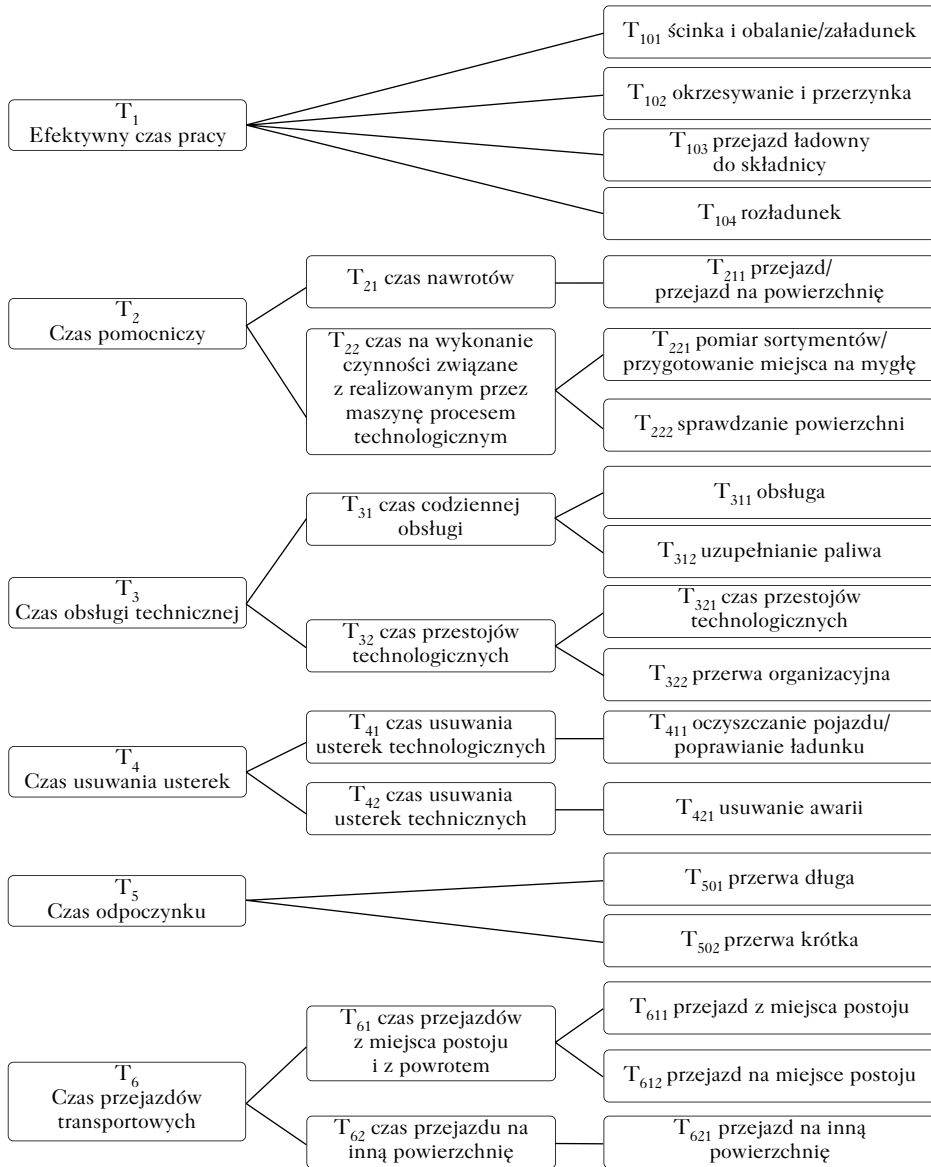
W toku prac obliczeniowych zostały wyselekcjonowane zmiany robocze (6-8 godzin) ze strukturą czasów charakterystyczną dla analizowanego stanowiska roboczego oraz odpowiednią rytmicznością pracy. Ciągi obserwacji chronometrycznych oczyszczono poprzez usunięcie obserwacji wyraźnie źle zaklasyfikowanych lub zaliczonych omyłkowo (zanotowanych powtórnie oraz o czasie trwania do 5 s).

W celu wyselekcjonowania jednorodnej próby badawczej testowano istotność różnic średniej długości czasu trwania najliczniej reprezentowanej kategorii czasu operacji pozyskiwania i zrywki drewna. Z wybranych w ten sposób ciągów chronometraży wykonanych metodą fotografii dnia roboczego próbkowano kategorie czasów obserwowane teoretycznie w metodzie obserwacji migawkowych regularnych. Dla obydwu stanowisk roboczych przyjęto 3-minutowy odstęp pomiędzy obserwacjami. Siłę zależności pomiędzy danymi ciągu obserwacji z fotografii dnia roboczego i danymi uzyskanymi w obserwacjach migawkowych określono jako korelację prostą obliczoną dla procentowych udziałów poszczególnych kategorii czasów. Za miarę siły zależności pomiędzy danymi ciągu obserwacji z fotografii dnia roboczego i danymi uzyskanymi w obserwacjach migawkowych uznano korelację prostą obliczoną dla procentowych udziałów poszczególnych kategorii czasów. Przyjęto tu model liniowy bez uwzględniania wyrazu wolnego, zatem testowano zależność wprost proporcjonalną pomiędzy obydwoma zmiennymi. Prace wykonano dla operacji pozyskiwania i zrywki drewna prowadzonych na maszynowym i półautomatycznym poziomie techniki w rębnych drzewostanach sosnowych.

Tabela 1.

Charakterystyka powierzchni badawczych
Characteristics of the study plots

Od- dział	Powierz- chnia [ha]	Skład gatunkowy	Wiek [lata]	Zadrze- wienie	Zwarcie	Pierś- nica [cm]	Wysokość [m]	Bonitacja	Grubizna [m ³ /ha]
403b	33,42	So 10 So 10	87 112	0,8	przerywane	27	22	III	300
391h	0,99	Db mjs Brz mjs	80 80	0,9	przerywane	35	24	III	336



Ryc. 1.

Klasyfikacja czasów pracy
Classification of the operational time

Wyniki i dyskusja

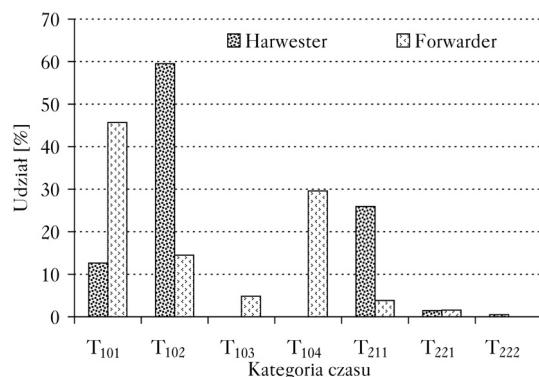
STRUKTURA OPERACYJNEGO CZASU PRACY. W toku prac terenowych pomierzono osiem zmian roboczych, po cztery dla obydwu analizowanych stanowisk roboczych. Baza pomiarowa czasów trwania wyróżnionych kategorii czynności objęła ponad 4200 przypadków, a pomiary o charakterze ciągłym prowadzono w czasie ponad 60 godzin. Porównanie struktur chronometraży uzyskanych w poszczególnych dniach pomiarowych przeprowadzono w oparciu o analizę wariancji

długości czasów ścinki i obalania w przypadku harwestera oraz czasów załadunku dla forwadera. Ciągi chronometraży uzyskane dla harwestera nie różniły się istotnie statystycznie co do wartości średniej czasów ścinki i obalania ($F=0,59$; $p=0,62$). W przypadku forwadera wykazano występowanie istotnych statystycznie różnic co do średniej wartości czasów załadunku w trzecim dniu pomiarowym, zatem dane uzyskane z tej zmiany nie podlegały dalszym pracom ($F=17,12$; $p=0,00$).

Poziom wykorzystania czasu operacyjnego harwestera w zmianie roboczej odpowiadał wartościom podawanym przez innych autorów [Moskalik 2004]. Przy długości zmiany roboczej 8 h współczynnik K_{02} kształtował się na poziomie 0,83. Spośród pozaoperacyjnych czasów obserwowanych na tym stanowisku największy udział miały czasy obsługi (16%).

Na rycinie 2 przedstawiono diagram struktury operacyjnego czasu pracy operatora harwestera. Zdecydowanie największy udział w kategorii czasów operacyjnych miał czas okrzyszania i przerzynki, którego udział wyniósł prawie 60%. Jego poziom był o około 50% wyższy od łącznego udziału czasów ścinki i obalania oraz przejazdów. Podobne dane podawał Moskalik [2004]. Uzyskane wyniki były odmienne od obserwowanych w drzewostanach trzebieżowych, w których poziom trudności pracy związany z wykonywaniem cięć na powierzchniach, na których pozostaje część drzew, jest większy. Według danych publikowanych przez Szewczyka [2011b] udział czasów przejazdów harwestera w trzebieżach był niemal identyczny z uzyskanym w opisywanych badaniach (21%), natomiast różnice dotyczyły głównie czasu ścinki i obalania. Jego wysoki udział (35%) był zapewne związany z koniecznością dokładnego wyboru kierunków obalania. W drzewostanach pokłeskowych struktura czasu pracy maszyn wielooperacyjnych jest jeszcze bardziej zróżnicowana w porównaniu z opisywaną w niniejszej pracy. Odmienności wynikają z trudnych warunków pracy [Szewczyk 2011b]. Do podobnych stwierdzeń doszli Gliszczyński [1999] oraz Szewczyk i Stańczykiewicz [2012], którzy zauważyli, że podstawowe trudności przy prowadzeniu prac na powierzchniach pokłeskowych wynikają z rozpoznania zagrożeń, likwidacji naprężeń poprzez wykonanie we właściwych miejscach przerzynki drewna, a także rozciągania grup obalonych drzew.

Na rycinie 2 przedstawiono również strukturę czasu operacyjnego forwadera. Podobnie jak w przypadku harwestera, poziom wykorzystania czasu operacyjnego w zmianie roboczej był wysoki i odpowiadał wartościom podawanym przez innych autorów [Moskalik 2004]. Przy długości zmiany roboczej 8 h i przejazdach ładownych na odległość około 100 m współczynnik K_{02} kształtował się na poziomie 0,83. Zasadniczą kategorią czasu operacyjnego był czas załadunku, którego udział wyniósł ponad 45%. Czas główny (83%), obejmujący efektywne czasy pracy, został ustalony na niemal identycznym poziomie jak w przypadku innych badań [Gil 2007].



Ryc. 2.
Struktura czasu operacyjnego T_{02} harwestera i forwadera
Structure of the work time for harvester and forwarder in the operational time T_{02}

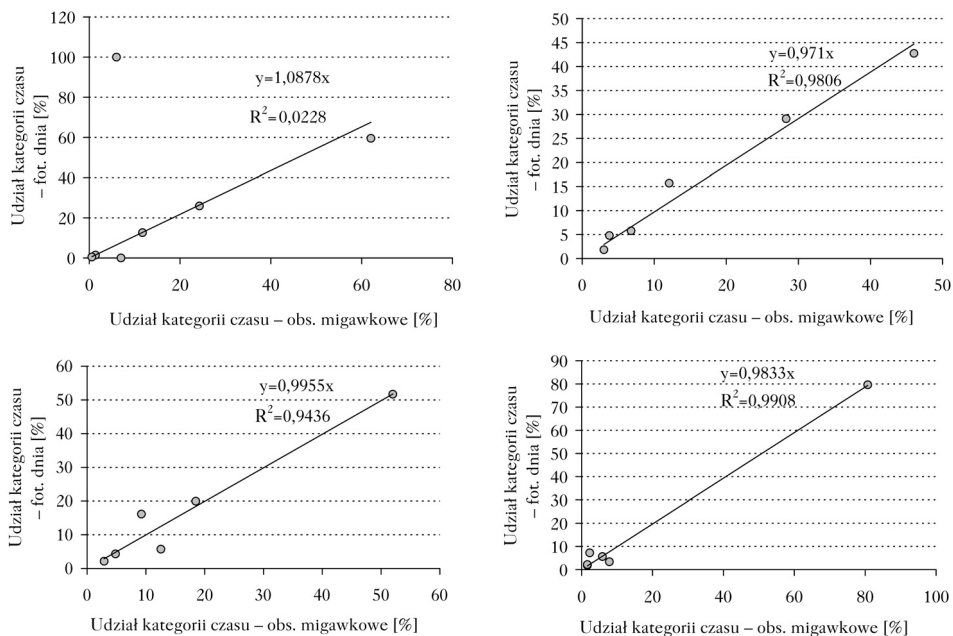
OBSERWACJE MIGAWKOWE. Kategorie czasów wyekstrahowane z ciągów chronometraży jako obserwacje migawkowe próbkowano z arkuszy kalkulacyjnych Excel z zastosowaniem funkcji „Wyszukaj” (forma wektorowa). Testowana baza obserwacji migawkowych objęła 725 przypadków dla harwestera i 306 dla forwardera. Model testowano dla czasu operacyjnego w poszczególnych dniach pomiarowych oraz łącznie dla całej bazy danych. W tabeli 2 zestawiono obraz struktury czasów zmian roboczych oraz czasów operacyjnych uzyskanych w metodach fotografii dnia roboczego i obserwacji migawkowych. Na rycinie 3 przedstawiono wyniki analizy zależności obliczonych dla procentowych udziałów poszczególnych kategorii czasów.

Wszystkie przedstawione powyżej korelacje są silne, zatem dopasowanie pomiarów wykonanych za pomocą obserwacji migawkowych do danych uzyskanych w metodzie fotografii dnia roboczego jest bardzo dokładne. Wysoką dokładność pomiarów migawkowych w leśnictwie zauważył również Laurow [1994]. Proponowany przez niego odstęp pomiędzy obserwacjami migawkowymi dla procesów pozyskiwania i zrywki drewna wyniósł 5 min. Częstotliwość przeprowadzania pomiarów powinna być taka, żeby zapewnić minimalną liczebność próby badawczej. Laurow [1994] zalecał stosowanie wzoru Steinhausa, który uwzględni liczbę badanych frakcji oraz założony błąd pomiarowy. Przykładowo dla niniejszych badań, przy liczbie badanych frakcji operacyjnych czasów zrywki równej sześćo- i pięcioprocentowej dokładności, liczba pomiarów powinna wynieść 296. Wołk [1960] przy określaniu liczby obserwacji koniecznej do uzyskania wyników z określoną dokładnością, przy założeniu 95-procentowej pewności wyników, zalecał stosowanie formuły, w której widoczne były wartość rzeczywistego udziału czasu czynności będącej przedmiotem obserwacji oraz założony poziom dokładności. Przykładowo w analizowanym przypadku przy testowaniu czasu T_1 harwestera (51,7%) oraz założonym poziomie dokładności 10% liczba obserwacji wyniosłaby 374, co jest wielkością nieco wyższą od zaproponowanej w doświadczeniu. Przedstawione wyliczenia stosuje się raczej w wypadku prowadzenia obserwacji wrywkowych. W metodzie obserwacji migawkowych regularnych przyjęty odstęp notowań powinien być 2-3 razy mniejszy od średniego czasu trwania najmniejszego elementu pracy. Zapewni

Tabela 2.

Struktura czasów zmiany T_{07} i czasów operacyjnych T_{02}
 The structure of shift times T_{07} and operational times T_{02}

Kategoria	% (fot. dnia rob.)	% (obs. migawkowe)	Kategoria	% (fot. dnia rob.)	% (obs. migawkowe)
harvester 4 dni czas T_{07}			forwarder 3 dni czas T_{07}		
T_1	51,70	52,00	T_1	79,64	80,72
T_2	19,95	18,48	T_2	5,66	5,88
T_3	16,14	9,24	T_3	7,25	2,29
T_4	4,33	4,83	T_4	1,85	1,63
T_5	5,73	12,55	T_5	3,41	7,84
T_6	2,15	2,90	T_6	2,19	1,63
Suma	100,00	100,00	Suma	100,00	100,00
harvester 4 dni czas T_{02}			forwarder 3 dni czas T_{02}		
T_{101}	12,64	11,74	T_{101}	42,75	46,04
T_{102}	59,51	62,04	T_{102}	15,72	12,08
T_{211}	25,92	24,27	T_{103}	5,78	6,79
T_{221}	1,44	1,37	T_{104}	29,12	28,30
T_{222}	0,48	0,59	T_{211}	4,80	3,77
x	x	x	T_{221}	1,83	3,02
Suma	100,00	100,00	Suma	100,00	100,00



Ryc. 3.

Zależności między udziałem czasów T_{07} i T_{02} : fotografia dnia – migawki

Correlation for the share of T_{07} and T_{02} times: photography of working day – snapshot method

to brak synchronizacji pomiarów z ich ewentualną cyklicznością. Wołk i Strzelecki [1993] zalecają uzależnienie częstości notacji zdarzeń od liczby pracowników i możliwości wzrokowej obserwacji obszaru pracy. Odstęp notowań w przemyśle dla trzech stanowisk wynosi według nich 0,5 min, co w warunkach pozyskiwania i zrywki drewna wydaje się wielkością znacznie zaniżoną. Przyjęta w niniejszych badaniach trzyminutowa cykliczność obserwacji wynikała z dwóch założeń: zmienność wykonywania czynności na stanowiskach roboczych umożliwiła obserwację trzech miejsc przez jednego obserwatora (odstęp 1 minuta), konieczne było przejście pomiędzy stanowiskami na odległość około 100 m (odstęp 2 minuty).

W metodach migawkowych zakłada się pewien (nieznany) poziom cykliczności pracy. Duża liczba powtórzeń pozwala zawsze trafić z obserwacjami w jakimś momencie cyklu. Błąd może być jednak znaczny w sytuacji, gdy powtarzalność czynności nie jest regularna, a z taką sytuacją mamy najczęściej do czynienia w pozyskiwaniu drewna [Szewczyk 2010; Szewczyk, Sowa 2011]. Zaprezentowany w pracy poziom dokładności pomiarów był bardzo wysoki, co niekoniecznie musi być pewne w badaniach wydajności pracy w leśnictwie. Konieczne jest zatem wypracowanie oryginalnej metodyki oszacowania wielkości próby badawczej dla poszczególnych stanowisk roboczych przy uwzględnieniu formuł przedstawionych w pracy, a nie z przybliżonych zestawień tabelarycznych stosowanych w przemyśle.

Wnioski

✦ Wykorzystanie czasu operacyjnego harwestera i forwardera w zmianie roboczej przy długości zmiany roboczej 8 h kształtowało się na poziomie 0,83. Struktura czasów zmiany i czasów operacyjnych odpowiadała przeciętnym warunkom pozyskiwania drewna na maszynowym poziomie techniki w drzewostanach rębnych.

- ✦ Wykazano wysoki stopień dokładności obserwacji przeprowadzanych metodą obserwacji migawkowych. Zbieżność struktury czasów zmian roboczych danych uzyskanych z pełnych pomiarów zmian roboczych i z obserwacji migawkowych oceniono poprzez obliczenie współczynników regresji zależności liniowych. Odchyłka od idealnej, wprost proporcjonalnej zależności wynosiła zaledwie 0,01-0,03.
- ✦ Metoda obserwacji migawkowych regularnych nadaje się do stosowania pomiarów pracy na stanowiskach roboczych przy pozyskiwaniu i zrywce drewna charakteryzujących się wysoką cyklicznością operacji. Konieczne jest kontynuowanie prac nakierowanych na określenie ramowych, tabelarycznych normatywów liczebności obserwacji w zmiennych warunkach pracy na stanowiskach roboczych w leśnictwie.

Literatura

- Gil W. 2007. Badania porównawcze ciągników rolniczych jako środków zrywkowych w wybranych zakładach usług leśnych. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie 435: 1-128.
- Gliszczyński A. 1999. Obciążenie fizyczne pracowników zatrudnionych przy usuwaniu wiatrołomów. Sylwan 143 (8): 95-103.
- Häberle S. 1992. IUFRO – Symposium ‘Time Study – Measurement and Terminology’. Forst und Holz. Jg. 47 (15): 471.
- Forest work study nomenclature. 1995. IUFRO WP 3.04.02, Department of Operational Efficiency, Swedish University of Agriculture Science, Garpenberg.
- Kärhä K., Rönkkö E., Gumse S. 2004. Productivity and cutting costs of thinning harvesters. International Journal of Forest Engineering 15 (2): 43-56.
- Laurow Z. 1994. Pozyskiwanie drewna i podstawowe wiadomości o jego przerobie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Monkielewicz L., Czereyski K. 1971. Analiza metod ustalania technicznych norm pracy przy pozyskaniu i transporcie drewna. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa 390.
- Moskalik T. 2004. Model maszynowego pozyskiwania drewna w zrównoważonym leśnictwie polskim. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Nuutinen Y. 2013. Possibilities to use automatic and manual timing in time studies on harvester operations. Finnish Society of Forest Science.
- Ovaskainen H., Uusitalo J., Väätäinen K. 2004. Characteristics and significance of a harvester operator’s working technique in thinnings. International Journal of Forest Engineering 15 (2): 67-77.
- Pulkki R. E. 2004. Glossary of forest harvesting terminology. www.flash.lakeheadu.ca
- Sajkiewicz A. 1981. Ekonomika pracy. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Samset I. 1990. Some observations on time and performance studies in forestry. Meddeleser fra Norsk Institut for Skogforskning 43 (5): 1-80.
- Szewczyk G. 2010. Czasochłonność zrywki konnej w drzewostanach trzebieżowych. Sylwan 154 (1): 52-63.
- Szewczyk G. 2011a. Czasochłonność zrywki drewna wyciągarkami zagregowanymi z pilarkami spalinowymi w drzewostanach trzebieżowych. Sylwan 155 (6): 401-412.
- Szewczyk G. 2011b. Variability of the harvester operation time in thinning and windblow areas. Technology and ergonomics in the service of modern forestry. Monography. Publishing House of the University of Agriculture in Krakow.
- Szewczyk G. 2012. Sekwencyjność operacji zrywki w drzewostanach trzebieżowych i pokłeskowych. Nauka Przyroda Technologie 6 (3): 1-10.
- Szewczyk G., Sowa J. M. 2011. Analiza szeregów czasowych jako narzędzie badania struktury czasu pracy operatorów maszyn leśnych. W: Górská E. [red.]. Współczesne i przyszłe wyzwania ergonomii. Polskie Towarzystwo Ergonomiczne, Warszawa. 384-397.
- Szewczyk G., Stańczykiewicz A. 2012. Model szacowania pracochłonności pozyskiwania drewna w drzewostanach ze śniegołomami. Leśne Prace Badawcze 73 (2): 167-173.
- Wołk R. 1960. Techniczne normowanie czasów obróbki. Cz. 1. Podstawowe zasady normowania. Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Warszawa.
- Wołk R., Strzelecki J. S. 1993. Badanie metod i normowanie pracy. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

SUMMARY

Snapshot observations in work measurement during timber harvesting and skidding

The aim of the study was to analyse the possibility of applying snapshot observations in measuring forestry work. Such methods can be applied in the industrial sector, however, they require exact testing in variable conditions of timber harvesting and timber skidding. In this research, the frequency of certain harvester and forwarder activities were estimated, and time proportions of their duration within work-shifts were specified. By means of taking photographs, the authors sampled theoretical snapshots of the work-day chronometrical sequences. The degree of observation convergence in the analysed methods, that is the preciseness of snapshot method, was analysed by means of comparing work shift time structures. In the case of timber harvesting and skidding technologies with typically high recurrence of work cycles, the preciseness of snapshot work measurement was high. The concurrence of chronometric and snapshot time structures, specified by correlation coefficient, exceeded the level of 0.9. One of the advantages of the described method, apart from its lower labour intensity as compared to working day photography, was the possibility to assess labour time and breaks as well as estimating the share of downtime. Sampling of the shift time additionally allows for simultaneous assessment of a few work stations.