

GRZEGORZ SZEWCZYK

Katedra Użytkowania Lasu i Drewna
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

SEKWENCYJNOŚĆ OPERACJI ZRYWKI W DRZEWOSTANACH TRZEBIEŻOWYCH I POKŁĘSKOWYCH

SEQUENCE OF SKIDDING OPERATIONS
IN THINNINGS AND SNOWBLOW AREAS

Streszczenie. Celem badań było określenie charakterystyki średniego, powtarzalnego fragmentu zmiany roboczej operacji zrywkowych. Badania przeprowadzono w trzebieżowych i pokłęskowych drzewostanach sosnowych. Właściwą dla analizowanego stanowiska kolejność wykonywania czynności opisano jako szereg czasowy. Trend analizowanych szeregów czasowych został opisany po ich wygładzeniu metodą średniej ruchomej, natomiast wahania zidentyfikowano metodą dekompozycji sezonowej. Zróżnicowanie struktury czasowej pracy w analizowanych drzewostanach zostało opisane wielomianami drugiego i trzeciego stopnia. W drzewostanach trzebieży późnych trend i cykliczność prac w okresie 20 kolejnych czynności pozwoliły ustalić wielkość próby na poziomie 40 czynności, po 20 w dwóch fazach dnia roboczego. W drzewostanach ze śniegołomami wystarczający był pomiar czasu trwania 60 kolejnych czynności, po 20 w kolejnych trzech fazach dnia roboczego wskazanych przez linię trendu.

Słowa kluczowe: pozyskiwanie drewna, zrywka, struktura dnia roboczego

Wstęp

W polskich warunkach gospodarczych udział w pozyskiwaniu drewna technologii na ręczno-maszynowym poziomie zmechanizowania ze ścinką pilarką spalinową i zrywką półpodwieszoną i nasiębierną wynosi ponad 95% (NUREK 2005, SOWA 2009). Projektowanie technologiczne polega w pierwszym rzędzie na poszukiwaniu rozwiązań wysoko wydajnych, efektywnych ekonomicznie. Punktem wyjścia jest zawsze pomiar czasu pracy na powierzchniach manipulacyjnych. Jego właściwe określenie, wobec ogromnej zmienności czynników pomiarowych, jest bardzo trudne. Z reguły, w celu

uzyskania stabilniejszych wyników, określa się czasochłonność w czasie operacyjnym i dla tej wielkości ustala się normatywne czasy obsługi technicznej, awarii czy obsługi technicznej (BACKHAUS 1990, GIEFING i GACKOWSKI 2001).

Zmienność wydajności pozyskiwania drewna może być znaczna. Przykładowo obserwowana zmienność wydajności maszynowego pozyskiwania drewna w drzewostanach starszych klas wieku wynosi około 150% (NUREK 2007). Taka sytuacja jest z jednej strony pochodną zmienności warunków terenowo-drzewostanowych, z drugiej zaś wynika ze zmiennej gotowości człowieka do pracy w czasie tygodnia roboczego i pory dnia (ZEĆIĆ i IN. 2005, SOWA i IN. 2006). Wobec powyższego kluczowym zagadnieniem jest oszacowanie właściwej wielkości próby badawczej, czyli pomiar takiego czasu fragmentu zmiany roboczej, który wystarczająco dokładnie charakteryzuje indywidualną dla danego stanowiska zmienność czasu trwania poszczególnych czynności (SZEWCZYK 2009).

Celem badań było określenie charakterystyki przeciętnej, powtarzalnej sekwencji fragmentu zmiany roboczej podczas zrywki drewna. Badania przeprowadzono w drzewostanach sosnowych, w których prowadzono cięcia trzebieżowe (TP), oraz na powierzchniach, na których usuwano śniegołomy (SL). Algorytm został określony w drzewostanach różniących się diametralnie co do warunków pracy, a co za tym idzie również z odmiennymi strukturami czasów pracy.

Metodyka

Badania przeprowadzono w drzewostanach sosnowych IV i V klasy wieku na terenie Nadleśnictwa Dąbrowa Tarnowska, gdzie wykonywano trzebieże, oraz Nadleśnictwa Krzeszowice, w którym prowadzono cięcia przygodne w związku z zaistniałymi śniegołomami (tab. 1).

Tabela 1. Charakterystyka powierzchni badawczych
Table 1. Research areas characteristics

Nadleśnictwo, Leśnictwo Inspectorate, Forest District	Oddział, pododdział Com- partment, subcom- partment	Kate- goria cięć Thinning cate- gory	Po- wierz- chnia Area (ha)	Skład gatun- kowy Stand com- posi- tion	Wiek (lata) Age (years)	Za- drze- wienie Stock- ing of stand	Zwarcie Crown density	Pierś- nica DBH (cm)	Wysokość Height (m)	Bonita- cja Stand quality	Grubizna Large timber (m ³ /ha)
Dąbrowa Tarnowska, Wał Ruda	74 a	TP	13,43	So	68	0,9	Umiarko- wane Moderate	27	25	Ia	396
Krzeszowice, Czerna	258 a	SL	10,13	So	100	0,4	Luźne Loose	30	15	IV	125

W wybranych drzewostanach wykonano metodą fotografii dnia roboczego chronometraż ciągi zrywki prowadzonej z użyciem wciągarek zagregowanych z ciągnikiem rolniczym. Pomiar czasu notowano automatycznie, z wykorzystaniem mikrokompute-

rów PSION Workabout z oprogramowaniem „Timing” do prowadzenia chronometraży (SOWA i SZEWCZYK 2005). Schemat klasyfikacji czasu pracy przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Schemat blokowy klasyfikacji czasu operacyjnego
Table 2. Block diagram of classification of operational time

Czas operacyjny T_{02} – Operational time T_{02}							
czas pomocniczy T_2 – auxiliary time T_2					czas efektywny T_1 – effective time T_1		
T_{21}	T_{22}	T_{23}	T_{24}	T_{25}	T_{11}	T_{12}	T_{13}
kod numeryczny kategorii czasu – numeric code of time category							
2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	1,1	1,2	1,3
Usuwanie zawieszzeń Time of dislodging of hanged trees	Przygotowanie stanowiska roboczego Time of preparation of work station	Przebieg technologiczny Time of waiting for assistance in performance or after performing an operation	Przejazd Time of passing to next work place	Przejsięcie Time of walking in work place	Zrywka Time of skidding	Zaczepianie i odczepianie ładunku Time of load attachment and detachment	Odblokowanie zrywanej sztuki Time of unlocking of skidded piece of timber

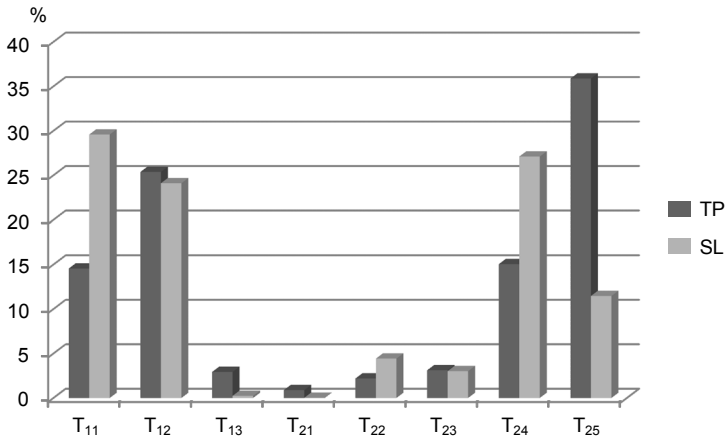
Wyselekcjonowano fragmenty zmian roboczych (6-8 h) ze strukturą czasów właściwą dla analizowanego stanowiska pracy oraz charakterystycznymi spadkami wydajności w poszczególnych porach dnia pracy (SOWA i IN. 2007). Przy konstruowaniu algorytmu uwzględniono trzy zasadnicze płaszczyzny powiązań czynników określających poszukiwany szereg czasów pracy: moment zmiany roboczej, w którym zaobserwowano daną czynność, następstwo czynności oraz czas trwania czynności. Ciągi wartości zmiennych losowych obserwowanych w kolejnych chwilach pomiaru utworzyły szeregi czasowe. Określono dla nich trend czasowy oraz zidentyfikowano wahania.

Sekwencyjność wykonywania czynności związanych z pozyskiwaniem drewna potraktowano jako szereg czasowy, w którym czas pracy (trwania danej czynności) był zmienną obserwowaną, natomiast nazwy odpowiednich czynności, zakodowane jako liczebники (tab. 2), utworzyły zmienną porządkującą. Uzyskane szeregi czasowe opisano wielomianami za pomocą metody najmniejszych kwadratów (MNK), natomiast wahania zidentyfikowano metodą dekompozycji sezonowej (KOT i IN. 2007).

Wyniki i dyskusja

Analiza struktury czasu pracy

Analiza struktury operacyjnego czasu pracy operatora wciągiarki zagregowanej z ciągnikiem rolniczym w drzewostanach trzebieży późnych i na powierzchniach ze śniegami wskazuje na występowanie istotnych różnic w operacyjnym czasie pracy T_{02} (rys. 1).



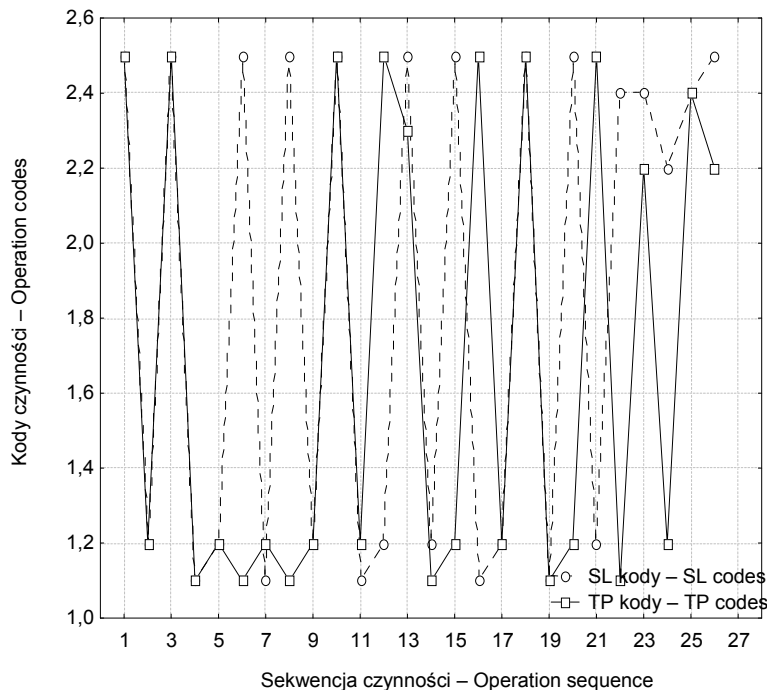
Rys. 1. Struktura czasu pracy w operacyjnym czasie pracy T_{02}
 Fig. 1. Structure of work time in the operational work time T_{02} ; TP – late thinnings, SN – areas with snowblows

Zasadniczym czasem głównym był czas zaczepiania i odczepiania ładunku T_{12} , którego udział w czasie operacyjnym T_{02} wyniósł 24% w śniegołomach i 25% w trzebieżach. Podobne wyniki uzyskali JAKUBOWSKI i IN. (2005) w drzewostanach pokłeskowych. Charakterystyczny jest większy udział czasu zrywki w drzewostanach trzebieżowych. Taki obraz można wiązać z trudnymi warunkami pracy na pierwszym etapie realizacji zabiegów i rozdzielania grup splątanych złomów w drzewostanach ze śniegołomami. Do podobnych stwierdzeń doszedł GLISZCZYŃSKI (1999), który zauważył, że zasadnicze trudności podczas prowadzenia prac zrębowych na powierzchniach pokłeskowych są związane z rozciąganiem grup obalonych drzew. W grupie pomocniczych czasów pracy T_2 zwraca uwagę większy udział czasu przejść w drzewostanach trzebieżowych w porównaniu ze śniegołomami (35% w stosunku do 11%), co świadczy o spłataniu większej liczby zrywanych dłuźyc do liny zbiorczej w łatwiejszych warunkach terenowych. Odwrotnie w drzewostanach ze śniegołomami: tam zaznaczył się wyraźnie większy udział czasu przejazdów (27% w stosunku do 15%), co było związane z podjeżdżaniem ciągnika w pobliżu połamanych drzew.

Wyraźnie większe było zróżnicowanie długości czasów trwania poszczególnych czynności na powierzchniach ze śniegołomami w porównaniu z drzewostanami trzebieżowymi. Istotność zaobserwowanych różnic potwierdzają wyniki testu t dla operacji zrywki ($t = 4,7$; $p = 0,00$).

Analiza zmienności pracy

Duża zmienność pracy na powierzchniach pokłeskowych ujawniła się również w dużej dynamice sekwencyjności (następstwa) obserwowanych czynności. Wspomniane następstwo obrazują szeregi następujących po sobie czasów pracy, zakodowanych jako wartości liczbowe 1-2 (tab. 2). W ten sposób zostały zaprojektowane dwa szeregi czasowe (TP i SL), dla których zmienną obserwowaną była sekwencja czynności (rys. 2).



Rys. 2. Fragment szeregów czasowych w analizowanych drzewostanach

Fig. 2. Fragment of time series in analysed tree stands

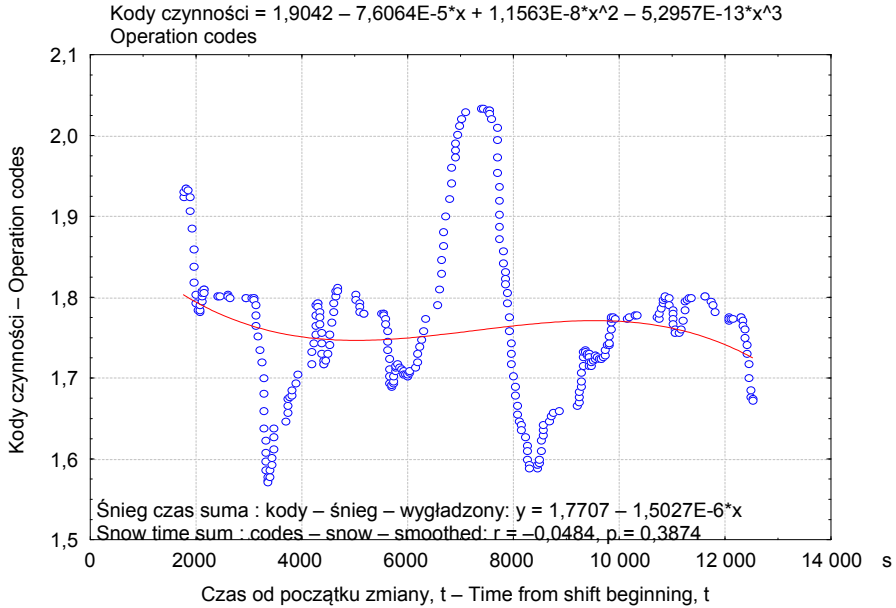
Większe zróżnicowanie rytmu pracy w drzewostanach pokłeskowych jest związane z trudnymi warunkami pozyskiwania drewna, częstszymi przejazdami i sortowaniem wyrabianego surowca.

W trakcie zmian roboczych kolejne cykle układały się w pewnych interwałach o różnej długości (SOWA i IN. 2007). Zróżnicowanie struktury czasowej pracy w analizowanych drzewostanach zostało opisane wielomianami (rys. 3, 4).

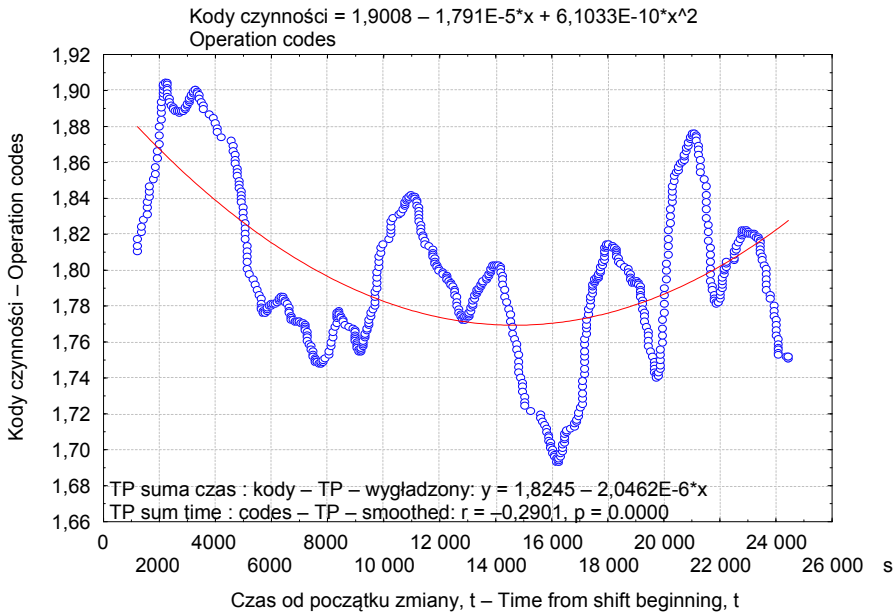
W drzewostanach trzebieżowych i ze śniegołomami wyróżniono w trakcie zmiany roboczej punkty przegięcia różnie usytuowane, jeżeli chodzi o czas zmiany roboczej i strukturę kodów obserwowanych czynności. Fragmenty zmiany roboczej w okolicach maksimum cechowała przewaga pomocniczych i obsługowych czasów pracy, natomiast minima – charakteryzowała przewaga efektywnych czasów pracy.

Następujące po sobie kolejne obserwowane czynności układały się w cyklach – regularnych wahaniami szeregu czasowego, które zostały opisane wskaźnikiem sezonowości. Na rysunku 5 przedstawiono przykładowe badanie wskaźnika sezonowości szeregu czasowego przy opóźnieniu sezonowym 10 (w tym przypadku przyjęto długość okresu równą 10 kolejno po sobie następujących czynnościom).

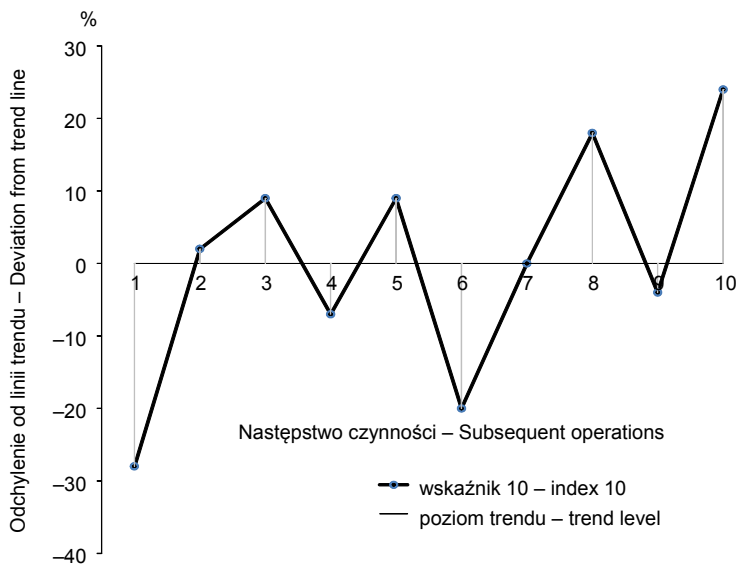
Wobec dużej zmienności warunków pracy i niejasnego obrazu szeregów czasowych długość powtarzalnej sekwencji czasów ustalono na podstawie współczynników zmienności wskaźników sezonowości obliczonych dla różnych długości opóźnienia sezonowego. Uzyskane dane zestawiono w tabeli 3.



Rys. 3. Trend sekwencji kodów czynności w drzewostanach ze śniegołomami
 Fig. 3. Trend of the sequence of operation codes in tree stands affected by snowblows



Rys. 4. Trend sekwencji kodów czynności w drzewostanach trzebieżowych
 Fig. 4. Trend of the sequence of operation codes in mature tree stands



Rys. 5. Analiza zmian sezonowości szeregów czasowych przy opóźnieniu sezonowym 10

Fig. 5. Analysis of changes in the seasonality of the time series with the seasonal delay of 10

Tabela 3. Współczynniki zmienności dla testowanych opóźnień sezonowych w drzewostanach trzebieżowych i ze śniegołomami

Table 3. Coefficients of variability calculated for the tested seasonal delays in late thinning stands and areas of snowblows

Opóźnienie sezonowe, długość cyklu Seasonal delay, cycle length	SN Snowblow	TP Late thinning
5	73	97
10	80	76
15	47	69
20	77	74
25	71	58
30	65	57
35	77	87
40	74	60
45	85	76
50	68	72
55	61	61

Współczynniki zmienności wskazują wielkość różnicowania kodów czynności w ramach powtarzalnego cyklu o długościach przedstawionych w tabeli 3. Maksymalna wartość współczynnika zmienności określa szukaną długość średniego powtarzalnego cyklu czynności. Wydłużanie cyklu spowoduje wejście w kolejny powtarzalny fragment, zatem obserwowany współczynnik zmienności powinien mieć mniejszą wartość. W obydwu testowanych przypadkach długość odcinka regularnych sekwencji czynności roboczych wyniosła około 20 kolejno po sobie wykonywanych czynności.

Przeprowadzone badania wskazują na występowanie powtarzalnych sekwencji czasów i pozwalają zoptymalizować dobór wielkości próby podczas przeprowadzania prac chronometrażowych. Wystarczające jest wykonanie pomiarów tylko dla kilku powtarzalnych sekwencji. W związku z wykazanim wcześniej zróżnicowanym trendem kodów czynności w obserwowanych drzewostanach w ciągu dnia roboczego wielkość próby badawczej można ustalić w przypadku drzewostanów ze śniegołomami na poziomie 60, po 20 w kolejnych trzech fazach dnia roboczego, natomiast w trzebieżach – na poziomie 40, po 20 w pierwszej i drugiej fazie dnia roboczego.

Wnioski

1. Rytmiczność czynności roboczych wykonywanych przez operatora wciągarki zagregowanej z ciągnikiem rolniczym potraktowano jako szereg czasowy. Obserwowane czynności zakodowano wartościami liczbowymi od 1 do 2, natomiast czas ich wystąpienia w zmianie roboczej tworzył zmienną porządkującą.

2. Wykazano występowanie istotnych statystycznie różnic w zakresie struktury czasowej operacyjnego czasu pracy oraz długości trwania obserwowanych czynności na powierzchniach ze śniegołomami i na powierzchniach z drzewostanami trzebieżowymi.

3. Zróżnicowanie struktury czasowej pracy w analizowanych drzewostanach zostało opisane wielomianami drugiego i trzeciego stopnia.

4. Na stanowisku operatora wciągarki w drzewostanach trzebieży późnych trend i cykliczność prac w okresie 20 kolejnych czynności pozwalają ustalić wielkość próby na poziomie 40, po 20 w dwóch fazach dnia roboczego. W drzewostanach ze śniegołomami próba badawcza powinna objąć 60 kolejno po sobie następujących czynności, po 20 w trzech fazach dnia roboczego wskazanych przez linię trendu.

Literatura

- BACKHAUS G., 1990. Die allgemeinen Zeiten im forstlichen Arbeitsstudium. Forsttech. Inf. 42, 1: 1-5.
- GIEFING D.F., GACKOWSKI M., 2001. Ekonomiczna efektywność pozyskiwania drewna krótkiego w drzewostanach III klasy wieku w zależności od zastosowanych urządzeń zrywkowych. Pr. Kom. Nauk Roln. PAU 3: 17-26.
- GLISZCZYŃSKI A., 1999. Obciążenie fizyczne pracowników zatrudnionych przy usuwaniu wiatrolomów. Sylwan 8: 95-103.
- JAKUBOWSKI M., BĘBENEK M., MEDERSKI P., 2005. Struktura czasu pracy pracowników zatrudnionych przy pozyskiwaniu drewna w drzewostanach dotkniętych kłeską wiatrolomów i wia-

- trowałów. W: Zagadnienia współczesnej ergonomii w sektorach leśnym, drzewnym i rolnym. Red. D.F. Giefing, P. Mederski. Polskie Towarzystwo Ergonomiczne Oddz. Poznański, Katedra Użytkowania Lasu AR, Poznań: 48-51.
- KOT M.S., JAKUBOWSKI J., SOKOŁOWSKI A., 2007. Statystyka. StatSoft Polska Sp. z o.o., Warszawa.
- NUREK T., 2005. Badania organizacji pracy nowoczesnych maszyn do pozyskiwania drewna – model matematyczny. W: Procesy produkcyjne w leśnictwie – technika, technologia, organizacja. Red. J. Więsik. Wyd. SGGW, Warszawa: 63-73.
- NUREK T., 2007. Metoda oceny efektywności maszynowego pozyskiwania drewna w warunkach lasów polskich. Wyd. SGGW, Warszawa.
- SOWA J.M., 2009. Współczesne pożytki z lasu. W: Leśnictwo w górach i regionach przemysłowych. Red. J. Starzyk. Wyd. UR, Kraków: 129-152.
- SOWA J.M., LESZCZYŃSKI K., SZEWCZYK G., 2006. Human energy expenditure in late thinning performed in mountain spruce stands. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.* 5, 1: 73-80.
- SOWA J.M., SZEWCZYK G., 2005. The analysis of the relationship between the structure of a workday and the actual skidding distance in selected timber harvesting technologies during thinning. W: Ecological, ergonomic and economical optimization of forest utilization in sustainable forest management. Red. J.M. Sowa. Kraków: 283-290.
- SZEWCZYK G., 2009. Possibilities of using thinning intensity indexes in classification of work conditions for selected timber harvesting technologies at the manual-machine mechanization level. *Acta Agr. Silv. Ser. Silv.* 47: 27-44.
- ZEĆIĆ Ž., KRPAŃ A.P.B., VUKUŠIĆ S., 2005. Productivity of C Holder 870 F tractor with double drum winch Igland 4002 in thinning beech stands. *Croat. J. For. Eng.* 26, 2: 49-56.

SEQUENCE OF SKIDDING OPERATIONS IN THINNINGS AND SNOWBLOW AREAS

Summary. The aim of the present study was to determine the characteristics of the average, repetitive fragment of skidding operations. The study was conducted in mature pine stands and pine stands affected by natural disasters. The sequence of operations performed, characteristic for the analysed position, was described as a time series. The analysed time series trend was described after smoothing these series by moving average method, but fluctuations were identified by the seasonal decomposition method. Differentiation of the time structure of the work in the analysed stands was described by polynomials of the second and third degree. In late thinning stands, the trend and the cyclical nature of the work during over 20 consecutive operations allowed to determine the sample size of 40, 20 in each of two phases of the working day. In stands affected by snowblow, it was sufficient to measure the duration of 60 consecutive operations, 20 in each of three phases of the working day, as indicated by the trend line.

Key words: timber harvesting, skidding, working day structure

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Grzegorz Szewczyk, Katedra Użytkowania Lasu i Drewna, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, Poland, e-mail: rlszewcz@cyf-kr.edu.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

23.02.2012

Do cytowania – For citation:

*Szewczyk G., 2012. Sekwencyjność operacji zrywki w drzewostanach trzebieżowych i pokłeskowych. *Nauka Przyr. Technol.* 6, 3, #51.*