

JAROSŁAW MALEC

Badania wydajności i struktury czasów transportu drewna w warunkach subalpejskich

The Research of the Output and the Structure
of Wood Transportation's Times in the Subalpine Conditions

Wstęp

Transport leśny jest częścią procesu technologicznego pozyskania drewna, która może integrować większość poszczególnych operacji (5). Organizacja transportu leśnego może decydować o nieprzerwanym przebiegu produkcji drewna. Miarą stopnia trudności prac transportowych są nie tylko warunki przyrodniczo-leśne i stopień udostępnienia drzewostanów lecz także dodatkowe czynniki jak topografia terenu, częstotliwość opadów atmosferycznych, wilgotność powietrza. Sumaryczne oddziaływanie tych czynników powoduje wiele piętujących się przeszkód znacznie utrudniających lub uniemożliwiających pracę transportową nawet z pomocą helikoptera (np. przy silnym wietrze i gęstej mgle).

Strefa subalpejska stanowiąca III piętro roślinne Alp jest obszarem, w którym prace transportowe przez większość roku są znacznie utrudnione. Wysokogórskie cechy tej strefy wyróżniają się odrębnością klimatyczną, piętrową termiczną strefowością, dużą nieregularnością i obfitością opadów oraz gwałtownością zmian atmosferycznych.

Dokładne poznanie parametrów transportowych w tych specyficznych trudnych warunkach oraz określenie wpływu różnych czynników na wydajność i strukturę czasów transportu może być pewnym rozwiązaniem modelowym dla niektórych górskich warunków Polski (np. Sudety). Pomimo różnic w budowie geologicznej, klimatu strefy subalpejskiej i Sudetów istnieją pewne analogie w specyfice warunków atmosferycznych oraz w składzie gatunkowym drzewostanów (duży udział świerka). Może to być przyczynkiem do zastosowania niektórych rozwiązań alpejskich w reorganizacji obecnie zmieniającego się transportu leśnego w Polsce.

W pracy tej zostaną omówione wyniki badań wydajności wywozu drewna w warunkach subalpejskich.

Metodyka i cel pracy

Integracja transportu drewna z pozostałymi elementami procesu technologicznego jest niezmiernie ważna, zwłaszcza w dopasowaniu wydajności wywozowej w toku produkcji drewna do pozostałych prac leśnych. Celem badań było określenie struktury czasów dnia roboczego i wydajności wywozu drewna kładowego oraz zbadanie wpływu wybranych czynników na parametry transportowe.

Materiał badawczy pochodził z lasów górskich strefy subalpejskiej Alp Wschodnich w pd-wsch Karyntii, będących pod zarządem Leśnego Przedsiębiorstwa Wolsberg w Austrii. Wywóz drewna następował z drzewostanów świerkowych i modrzewiowo-świerkowych położonych na wysokości 1500–1900 m n.p.m. Sortymentem wywozowym było drewno kładowe świerkowe 91% oraz modrzewiowe 9% całkowitej masy. Transport drewna odbywał się pojazdami MAN-32 o ładowności 20 ton z zamontowanym żurawiem hydraulicznym Penz oraz przyczepą 2-osiową.

Przy pomiarze czasów operacji wykorzystano metodę chronometrażu ciągłego z podziałem pracy transportowej na cykle wywozowe. Czas pomiarów przypadł na okres najkorzystniejszych dla transportu warunków atmosferycznych tj. czerwiec. Podział czasów dokonany został na podstawie metod stosowanych powszechnie w Austrii (4). Do czasów czystych (efektywnych) zaliczono czas główny: czas jazd, czasy ładunkowe, czas manewrów technicznych, oraz czas pomocniczy: czas czynności pomocniczych niezbędnych do wykonania pracy (3).

Do analizy statystycznej i opracowania modeli matematycznych wykorzystano metodę najmniejszych kwadratów regresji liniowej wielokrotnej oraz regresji nieliniowej jedno-składnikowej (2). Do analizy dla poszczególnych zależności wybrano najistotniejsze modele matematyczne, dla których współczynnik regresji r był wyższy niż 0,6.

Wyniki badań i dyskusja

Pomierzono ogółem 19 cykli wywozowych potrzebnych do transportu $493,8 \text{ m}^3$ drewna, o całkowitym czasie pracy 76,71 godzin, przy przebiegu 1023,8 km. Wartości średnie wydajności transportu i wskaźniki techniczno-eksploatacyjne przedstawiono w tabeli 1. Potwierdzają one bardzo dużą efektywność wywozową, o czym świadczy uzyskana wydajność roczna $15\,079 \text{ m}^3$ drewna, co w przeliczeniu na czas "czysty" daje wartość $18\,025 \text{ m}^3$. Wysoka wartość współczynnika wykorzystania przebiegu $B=0.51$ świadczy o bardzo dobrej organizacji i koordynacji procesu przemieszczenia surowca drzewnego z uwzględnieniem minimalizacji przejazdów jałowych. Szczegółową strukturę czasów poszczególnych zabiegów transportowych przedstawiono w tabeli 2.

Po dokonaniu analizy statystycznej zebranego materiału stwierdzono wiele istotnych zależności funkcyjnych opracowanych w formie modeli matematycznych. Najsilniejszy związek statystyczny ($r=0.93$) wystąpił pomiędzy odległością transportową cyklu wywozowego L a czasem jazd T_j . Model matematyczny tego związku obrazuje równanie:

$$T_j = 0,04726 \times L^{0,93313} \quad (1)$$

TABELA 1
Wydajność i wskaźniki techniczno-eksploatacyjne transportu drewna kładowego w sezonie letnim

Dane techniczno-eksploatacyjne	Symbol	Jednostka	Wartość
Wydajność ogólna	Wo	[m ³ /h]	6,44
Wydajność efektywna	We	[m ³ /h]	7,70
Całkowity czas pracy	Tc	[h]	76,71
Średni czas 1 cyklu wywozowego	T1c	[h]	4,04
Średni dobowy czas pracy	Td	[h]	10,51
Czasochłonność załadunku	Cz	[min/m ³]	2,32
Czasochłonność wyładunku (+ przeładunku)	Cw	[min/m ³]	0,90
Prędkość techniczna	Vt	[km/h]	27,6
Prędkość jazdy bez ładunku	Vo	[km/h]	30,2
Współczynnik gotowości technicznej	Agt	[-]	0,76
Współczynnik wykorzystania taboru	A	[-]	0,61
Współczynnik wykorzystania przebiegu	B	[-]	0,51
Średnia wielkość jednorazowego ładunku	qs	[m ³]	25,99

Istotny wpływ na wydajność transportową W miało sumaryczne oddziaływanie ładowności pojazdu q i odległości L dla współczynnika korelacji $r = 0,72$.

$$W = 10,404 - 0,2436 \times L + 0,1207 \times q \quad (2)$$

Na podstawie tego modelu można wprowadzić wiele funkcji opisujących wydajność transportową dla różnych parametrów (rycina)

Teoretyczne rozważania nad matematyczną zależnością wydajności transportu od odległości wskazują na hiperboliczny przebieg wykresu tego związku (1). Zbudowany model dopasowany jest jednak do węższego zakresu odległości wywozowych, stąd też prostoliniowy charakter krzywych 1,2,3 (rycina)

Natomiast związek pomiędzy wydajnością ogólną a odległością wywozu był nieco słabszy (współczynnik regresji wyniósł 0,61) opisuje go następujący model:

$$W = 2,8141 \times e^{(2,8141 - 0,034 \times L)} \quad (3)$$

Wykres 4 (ryc.) opisujący ten model pomimo mniejszej istotności statystycznej może być zastosowany do szerszego spektrum odległości wywozowych. Przemawia za tym także hiperboliczny charakter tej zależności. Wielkość ładunku nie miała statystycznie istotnego wpływu na wydajność ogólną, potwierdziła to wartość współczynnika regresji wynosząca w modelu 0,12.

Jak widać stosowanie równania regresji wydajności wywozu w zależności od ładowności pojazdu i odległości transportowej daje nieco uproszczony związek, ale za to wyższą

TABELA 2

Struktura czasów operacji transportowych w rozbięciu na czas czysty — (efektywny) i czas ogólny

Rodzaj operacji	Czas trwania	Udział w grupie	Udział w czasie całkowitym
wg REFA (3)	[h]	[%T]	[%T]
% CZASU CZYSTEGO			
Czas jazd ładownych	21,30	33,19	27,77
Czas jazd pustych	15,83	24,67	20,64
Czas załadunku	14,36	22,38	18,72
Czas przeładunku	4,72	7,36	6,15
Czas wyładunku	2,71	4,72	3,53
Czas manewrów technicznych	5,25	8,18	6,84
Suma czasów czystych	64,17	100,00	83,66

% CZASU OGÓLNEGO			
Czas pomocniczy	1,57	12,52	2,05
Czas przygotowawczo-zakończeniowy	3,31	26,40	4,31
Czas oczekiwania	4,10	32,69	5,34
Czas wypoczynku	3,56	28,39	4,64
Suma czasów ogólnych	12,54	100,00	16,34

SUMA CZASÓW — CZAS CAŁKOWITY	76,71	—	100,00

istotność statystyczną. W strukturze czasów istotne znaczenie pod względem statystycznym wykazały czasy ładunkowe $Tł$. Pomimo, że ich udział 28,4% w strukturze czasu całkowitego był prawie dwukrotnie mniejszy niż udział jazd to jego wpływ na kształtowanie się czasu całkowitego był bardziej istotny statystycznie ($r=0.82$). Model liniowy tej zależności przedstawia następujące równanie:

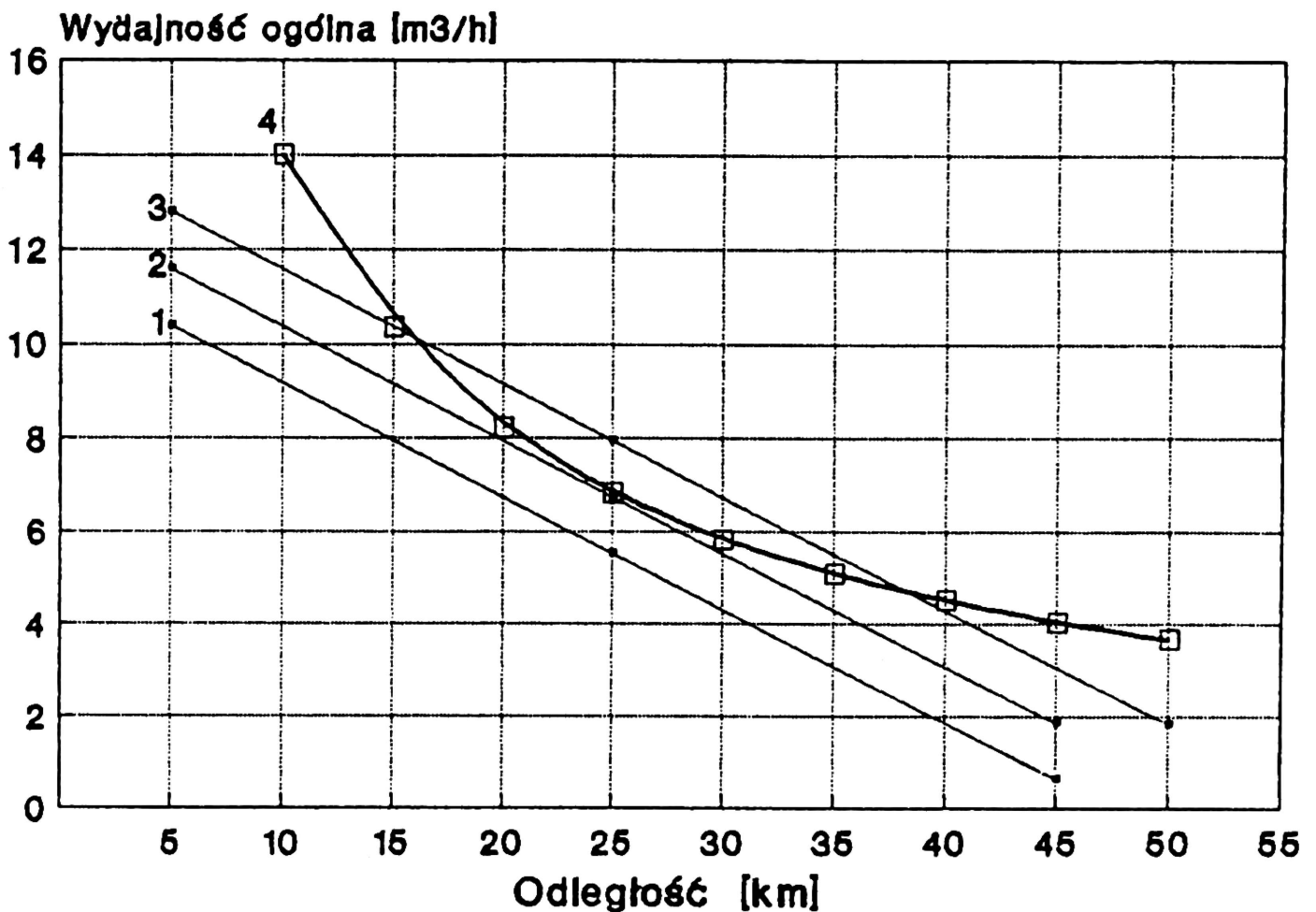
$$Tc = 1,58815 + 2,1417 \times Tł \quad (4)$$

W związku z tym, że czasy ładunkowe (załadunku, przeładunku, wyładunku) istotnie wpływały na czas całkowity wyznaczono model o najwyższym poziomie istotności dla tej wielkości.

Parametrem, który wykazał najsilniejszy związek matematyczny z czasem ładownym — $Tł$ okazała się ładowność pojazdu — q . Związek ten obrazuje następujący model:

$$Tł = 1/(2,0156 - 0,0385 \times q) \quad (r = 0,68) \quad (5)$$

Wykresy zależności wydajności ogólnej od odległości wywozu i wielkości ładunku



RYC. Wpływ odległości wywozu i wielkości ładunku na wydajność transportu drewna kładowego; 1–3 wykresy regresji liniowej wieloczynnikowej; 1 — $q=10 \text{ m}^3$, 2 — $q=20 \text{ m}^3$, 3 — $q=30 \text{ m}^3$, 3 — wykres regresji prostej jednoczynnikowej $q=30 \text{ m}^3$ (q — wielkość ładunku).

Wnioski

- Największy wpływ na wydajność transportową miało sumaryczne oddziaływanie odległości transportowej i ładowności pojazdu, natomiast w drugiej kolejności pod względem istotności statystycznej odległość transportu.
- W strukturze czasów znaczny wpływ na kształtowanie się czasu całkowitego miały czasy jazd 48,4% czasu całkowitego natomiast pod względem istotności statystycznej czasy ładunkowe 28,4% T_c .
- Odległość wywozu ma wysoce istotny statystycznie wpływ na czas jazdy pojazdu.
- Prace ładunkowe żurawiem hydraulicznym odznaczają się bardzo małą czasochłonnością (poniżej 3 min/m³).

Z Katedry Użytkowania Lasu i Inżynierii Leśnej SGGW

Literatura

1. **H. Bronk, J. Gracz, B. Szalek**: Podstawy techniki i eksploatacji w transporcie drogowym. WKiŁ, Warszawa 1988.
2. **A. Bruchwald**: Statystyka matematyczna dla leśników. Wydawnictwo SGGW Warszawa 1989.
3. REFA Fachausschuss "Forstwirtschaft" — Erläuterungen und Definitionen von Begriffen aus dem Arbeitsstudium, Wien 1988.
4. REFA Anleitung für forstliche Arbeitsstudien, 2 Aufl. Darmstadt 1984.
5. **H. Żakowski**: Integracja transportu leśnego ze spedycją drewna. Warszawa, Sylwan Nr 8, 1991.

Summary

What is characteristic about the Subalpine zone are the conditions of high level of difficulty, where the organization of wood transportation may be crucial in a correct process of wood production. A good knowledge of parameters of transport and of the structure of wood transportation's times may be helpful in coordinating most of forest works. That is possible by finding the influence of some of the factors on the output of transport.

What has been stated in the paper is the influence of a distance of transport and of a car's load capacity on the output and structure of the transportation's times of spruce wood logs. The statistic analysis has showed a number of important mathematical dependences describing a process of transport in a summer time.