

JERZY SOSNOWSKI, BARTŁOMIEJ OBAJTEK, TOMASZ ZIELIŃSKI

Przydatność kolejki linowej Larix 3T do zrywki drewna z drzewostanów rębnych w górach

The usefulness of a cable crane Larix 3T during the extraction in timber stands in the mountains

ABSTRACT

The usefulness of a cable crane Larix 3T was analysed in terms of damage, productivity and unit costs during timber extraction. The cable crane was used in the stands managed under the irregular shelterwood cutting system in the Wetlina Forest District in the Bieszczady Mountains.

KEY WORDS

timber extraction, cable crane Larix 3T, Bieszczady Mountains, damage, productivity, costs

Wstęp

Zrywka drewna w lasach w Polsce wykonywana jest w zasadzie ciągnikami i w coraz mniejszym stopniu zaprzęgami konnymi, przy niewielkim udziale kolejek linowych.

Zrywka kolejkami linowymi mogłaby być u nas szerzej stosowana, zarówno w terenach górskich jak i nizinnych. Za wprowadzaniem transportu linowego w lasach przemawiają względy ochrony środowiska, bezpieczeństwo pracy w trudnym terenie, jak również końcowa jakość przemieszczanego drewna. Przyjęta jednak w gospodarstwie leśnym praktyka konstrukcji stawek za zrywkę – wynikająca z utożsamiania kosztów zrywki jedynie z nakładami wyłożonymi na eksploatację poszczególnych urządzeń, a nie uwzględniająca w rachunku ekonomicznym wymienionych dodatkowych korzyści – stawia transport linowy na granicy opłacalności jego użycia.

Przyczyny te w zasadzie sprawiają, że w chwili obecnej w Polsce eksploatuje się tylko 6 kolejek linowych do zrywki drewna. Są to urządzenia produkcji czeskiej – 3 kolejki typu Larix 550, zaś pozostałe to Larix 3T, Larix Kombi oraz Alpmobil [Chmel 2000; Novak 2002].

Cel i zakres badań

O ile wydajność Larix 550 zostały już przedstawione w literaturze fachowej [Mokrzycki i in. 2000; Sosnowski 1999a, 1999b, 2000a, 2000b], to celem niniejszej pracy jest określenie przydatności do zrywki drewna kolejki

JERZY SOSNOWSKI

Katedra Użytkowania Lasu i Drewna
Akademia Rolnicza
Al. 29 Listopada 46
31-425 Kraków
jsosnows@ar.krakow.pl

BARTŁOMIEJ OBAJTEK

32-431 Stróża 60
pro.bart@interia.pl

TOMASZ ZIELIŃSKI

Zakład Przemysłu Drzewnego Sp. z o.o.
ul. Wolności 4
46-030 Murów

12 Jerzy Sosnowski, Bartłomiej Obajtek, Tomasz Zieliński

linowej podobnej do wymienionej, typu Larix 3T. Kolejka ta różni się od Larix 550 dłuższą linią nośną, większą ładownością wagonika oraz ciągnikiem napędowym o większej mocy. Badania niniejsze zostały zasygnalizowane w prasie fachowej przez Jajora [2001].

Przydatność Larix 3T określono pod względem wyrządzanych przez nią szkód w glebie i drzewostanie, osiągniętej wydajności pracy oraz kosztów zrywki.

Badania dotyczyły przebiegu zrywki drewna wielko- i średniowymiarowego pozyskiwanego w ramach cięć odnowieniowych w drzewostanie jodłowo-bukowym, będącym w klasie odnowienia, prowadzonym rębnią stopniową III w gospodarstwie leśnym w górach (Nadleśnictwo Wetlina w Bieszczadach).

OPIS KOLEJKI LINOWEJ LARIX 3T. Kolejka Larix 3T [Instrukcja...1999] produkcji czeskiej jest linowym urządzeniem dźwigowym służącym do przemieszczania ładunków o masie do 3 t, na odległość do około 850 m. Kolejka może być zastosowana w terenach nachylonych (przy zrywce drewna w dół lub w górę stoku) oraz płaskich.

W skład kolejki Larix 3T, eksploatowanej w Nadleśnictwie Wetlina, wchodziły:

- zespół napędowy (ciągnik dużej mocy Zetor 105 40 z zamontowaną na nim 4-bębnową wciągarką z masztem o wysokości 6,5 m),
- liny – każda nawinięta na osobny bęben wciągarki (nośna o długości 700 m, okrężna, napinająca linę okrężną, pomocnicza),
- wagonik kolejki – do zrywki ładunków o masie do 2,5 t zamocowanych za jeden koniec,
- podpory – na trasie kolejki w liczbie 3-4 sztuk, zbudowane z lin w oparciu o rosnące drzewa.

Obsługę kolejki mogą stanowić dwaj operatorzy (jeden na zrębie, drugi na składnicy rozładowniczej). Łączność między nimi zapewniają przenośne aparaty radiotelefoniczne.

Sterowanie pracą kolejki odbywa się za pomocą fal radiowych (lub kablowo), przez operatora ze składnicy drewna, bądź też ze zrębu. W przypadku sterowania bezprzewodowego operator ma przewieszoną przez ramię radiostację pilotową, z której odpowiedni sygnał nadany do odbiornika umieszczonego w panelu sterującym w kabinie ciągnika, kieruje pracą zespołu napędowego kolejki. Kolejka może sterować w danej chwili jeden operator, aż do czasu przełączenia dźwigni w swojej radiostacji na opcję „inny operator”. Jednakże w przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnej przy użytkowaniu kolejki, każdy z operatorów może uruchomić komendę alarmową, po której wagonik wraz z linami opada na ziemię.

OPIS MIEJSCA BADAŃ I PROCESU TECHNOLOGICZNEGO POZYSKANIA DREWNA. Badania wykonano w krainie przyrodniczo-leśnej VIII-Karpackiej, dzielnicy 3-Bieszczadów, Nadleśnictwo Wetlina, na stokach Jawornika, w oddz. 94 a, w lasach wodochronnych. W drzewostanie tym o gospodarce przerębnowo-zrębowej rębnią stopniową (III), wykonywano aktualnie cięcia odnowieniowe, planując pozyskać 958 m³ drewna. Pozyskiwano drewno średnio- i wielkowsmiarowe metodą całych strzał oraz technologią dłużycową. Zrywane kolejką – w czasie badań – ładunki to drewno bukowe (95%) i jodłowe (5%).

Przeciętny ładunek drewna zrywany kolejką charakteryzował się następującymi wskaźnikami:

- objętość jednego ładunku 1,05 m³, co przy przeliczniku 0,99 [Krzyśk 1974] odpowiadało masie ok. 1,04 t,
- liczba sztuk w ładunku 1,7 (przy objętości 1 sztuki w ładunku 0,62 m³).

Kolejkę użytkowano w ramach zespołu ścinkowo-zrywkowego, przy czym zrywka drewna odbywała się w dół stoku i była 2-etapowa, tj. I etap kolejką na składnicę przejściową górną (przy

kolejce), zaś II etap ciągnikiem przegubowym skider Kockums KL-822 na składnicę przejściową dolną (przy drodze wywozowej). W skład zespołu wchodziło 5 osób: pilarz-drwal (na zrębie), operator-zaczepowy (na zrębie), operator-odczepowy (na składnicy przy kolejce), kierowca ciągnika (odciągającego drewno w II etapie zrywki), pilarz-manipulant (na składnicy kończącej zrywkę).

Kolejką zrywano drewno z pasa drzewostanu o szerokości 2×20 m (wyjątkowo z odległości do 60 m) na odległość średnią 425 m, mierzoną po linii nośnej. Przemieszczanie drewna prowadzono najpierw w części zrębu zlokalizowanej najbliższej składnicy kończącej zrywkę kolejką, rozpoczynając od sztuk leżących przy linii nośnej.

Metodyka badań

Badania terenowe wykonano we wrześniu przy dodatniej temperaturze powietrza, normalnej dla tego okresu ilości opadów i braku pokrywy śnieżnej.

Uszkodzenia gleby badano na reprezentatywnej dla drzewostanu pod względem zadrzewienia powierzchni próbnej. Przez środek tej powierzchni przebiegała lina nośna kolejki na długości 100 m. Natomiast szerokość wymienionej powierzchni, po każdej z obu stron liny nośnej, wynosiła 20 m. Na powierzchnię tę naniesiono siatkę kwadratów o boku 10 m, przez co uzyskano 55 punktów węzłowych, w których pomierzono uszkodzenia. Szkody te oceniano według 4-stopniowej skali rosnącej [Sosnowski 1999a], a to gleba: niezakłócona, lekko zniszczona, głęboko zniszczona, ubita przez zrywkę.

Uszkodzenia drzew stojących badano na 40 poletkach 1-arowych powstałych z nałożenia siatki kwadratów na – opisaną przy badaniu uszkodzeń gleby – powierzchnię próbną. Stopień uszkodzenia drzew zrywką oceniano w 5-stopniowej skali rosnącej [Sosnowski 1999a]:

- I. Brak ewidentnego uszkodzenia (nie przewiduje się żadnego wpływu na dalszy rozwój drzewa). Drzewo zostało uderzone – kora uszkodzona, ale biel nie odsłonięta,
- II. Uszkodzenie lekkie (drzewo ma nadal szansę pozostać użytkowym). Biel odsłonięta ale gładki, rana nie dłuższa niż 30 cm tylko z jednej strony,
- III. Uszkodzenie średnie (drzewo ma szansę pozostania w 50 % użytkowym). Biel odsłonięta, gładki lub zraniony; rana ponad 30 cm długości na jednej lub dwu stronach,
- IV. Uszkodzenie ciężkie (drzewo ma małą szansę pozostania użytkowym). Biel odsłonięta, gładki lub zraniony na więcej niż dwóch stronach lub rana odsłaniająca twardziel,
- V. Drzewo zniszczone przez zrywany ładunek lub pojazd.

Po wyróżnieniu uszkodzeń osobno pni i oddzielnie korzeni w przedstawionych wyżej stopniach – powstało łącznie 9 klas uszkodzeń (w piątym stopniu uszkodzeń, tj. przy „drzewie zniszczonym” wyłoniono tylko jedną klasę uszkodzeń), do których zakwalifikowano poszczególne oceniane uszkodzenia.

Pomiary w terenie na obszarze 40-arowym, pozwoliły ponadto na wyliczenie ważonego wskaźnika uszkodzenia drzewostanu (WDI) dla powierzchni 25-arowej używanej do celów porównawczych. Wskaźnik uszkodzenia drzewostanu WDI został obliczony według wzoru:

$$\text{WDI} = \frac{\sum_{R=1 \div 9} I \cdot R}{N \cdot C} \cdot 1000$$

gdzie:

- I – liczba uszkodzonych drzew w danej klasie uszkodzenia na 25 arach pozostawionego drzewostanu,
- R – wartość liczbową numeru klasy uszkodzenia (od 1 do 9),

14 Jerzy Sosnowski, Bartłomiej Obajtek, Tomasz Zieliński

N – liczba drzew na 25 arach powierzchni pozostawionego drzewostanu,

C – liczba m^3 drewna zerwanego z powierzchni 25 arów.

Wydajność zrywki drewna kolejką określono na podstawie średniej z pomiarów 49 cykli operacji zrywkowych. W każdym cyklu operacyjnym pomierzono czas jego trwania T_c (składający się z czasów poszczególnych zabiegów transportowych, takich jak jazda nieładowna T_{jn} , jazda ładowna T_{jl} oraz załadunku T_z i wyładunku T_w), odległość zrywki po linii nośnej L , odległość zrywki bocznej l oraz objętość przemieszczonego ładunku drewna Q . Stąd czas trwania cyklu operacyjnego zrywki wyliczono następująco:

$$T_c = T_{jn} + T_z + T_{jl} + T_w \quad [h]$$

Z pomiarów wyliczono następnie czasochłonności jednostkowe czterech wyszczególnionych tutaj zabiegów transportowych, wyłączając przy tym z czasu załadunku na zrębie (T_z) osobno czasochłonność dociągania liny z hakiem zaczepowym od wagonika do ładunku (t_{jnb} – czas jazdy nieładownej bocznej) i jazdy z powrotem do linii nośnej (t_{jlb} – czas jazdy ładownej bocznej) oraz oddzielnie czynności zaczepiania, odczepiania i przeczepiania związane z gromadzeniem ładunku (t_{zb} – czas zbierania bocznego). Na podstawie czasochłonności jednostkowych określono równanie regresyjne czasochłonności cyklu zrywkowego T_c , przy uwzględnieniu takich zmiennych jak odległość zrywki i objętość ładunku:

$$T_c = A \cdot L + a \cdot l + B \cdot Q \quad [h]$$

gdzie:

A – czasochłonność jednostkowa jazdy nie- i ładownej wagonika po linii nośnej na trasie składnica-zrąb i z powrotem [h/m],

L – odległość zrywki po linii nośnej na trasie składnica-zrąb [m],

a – czasochłonność jednostkowa dociągania na zrębie liny z hakiem zaczepowym od wagonika do ładunku i jazdy z powrotem do linii nośnej [h/m],

l – odległość załadunku na zrębie, tj. zrywki bocznej do linii nośnej [m],

B – czasochłonność jednostkowa czynności ładunkowych na zrębie i na składnicy (zaczepianie, odczepianie, przeczepianie, podnoszenie i opuszczanie ładunku) [h/m³],

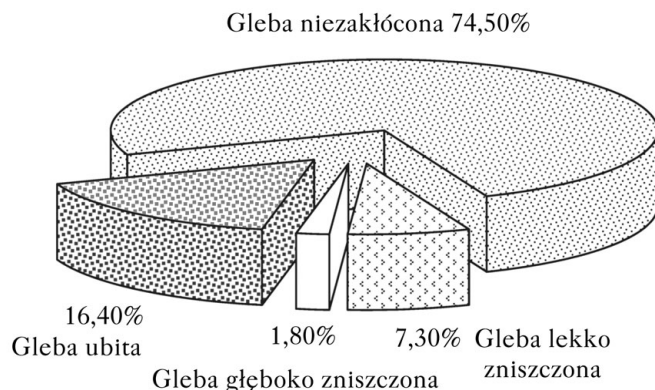
Q – objętość ładunku przemieszczanego wagonikiem w jednym cyklu po linii nośnej [m³].

Określone przy zastosowaniu tego równania czasy cyklu (T_c), posłużyły do wyliczenia częstotliwości tych cykli w ciągu jednej godziny $F=1/T_c$ (szt/h). Liczba ta pomnożona przez zbadaną wcześniej ładowność przeciętną wagonika, pozwoliła ustalić wydajność godzinową zrywki $W_h=1/T_c \cdot Q=Q/T_c$ (m³/h) rzeczywistą osiąganą w trakcie badań oraz wydajności hipotetyczne (przy wykorzystaniu ładowności wagonika w połowie oraz w stopniu całkowitym). Z wydajności godzinowych (m³/h) wyliczono następnie wydajności rzeczywiste i przewidywane badanego urządzenia w czasie zmiany roboczej (m³/8h), miesiąca pracy (m³/20 dni) i roku (m³/11 miesięcy).

Koszt pozyskania drewna i jego zrywki (w I etapie kolejką oraz w II etapie ciągnikiem) przyjęto według kalkulacji kosztów własnych w Nadleśnictwie Wetlina. Z uwagi na to, że skalkulowany koszt zrywki kolejką odnosił się do stałej odległości przemieszczania i takiej wydajności miesięcznej, w niniejszej pracy koszty te przedstawiono w ujęciu dynamicznym, tj. przy zmiennej odległości i wydajności uzależnionej od różnej przeciętnej ładowności wagonika. W tym celu z danych na temat kosztów rocznych K_r i liczby godzin pracy w roku T_r wyliczono koszty jednostkowe zrywki badaną kolejką. Koszty te następnie skalkulowano na jedną godzinę pracy kolejki ($K_h=K_r/T_r$) oraz osobno na jeden m³ zerwanego nią drewna ($K_{m^3}=K_h/W_h$) i porównano z nakładami na jego pozyskanie.

Szkody wyrządzone przez zrywkę

Określony w wyniku badań procentowy rozkład szkód glebowych w poszczególnych 4 klasach uszkodzeń – przy zrywce drewna kolejką Larix 3T – podano na rycinie.



Ryc.

Uszkodzenia gleby przy zrywce drewna kolejką Larix 3T

Soil disturbances during the extraction of timber using a cable crane Larix 3T

Z ryciny wynika, że udział gleby, na której nie widać zakłóceń przy zrywce drewna kolejką, wyniósł aż 74,5%. Wzięło się to stąd, że dociągane z boku ładunki były bardzo rzadko przemieszczane po tym samym torze. Ponadto przemieszczanie dźwigów po gałęziach pozostałych po ściętych drzewach miało również pozytywny wpływ na zmniejszenie szkód. Podobnie ochronnie na glebę przy zrywce oddziaływała ściółka bukowa zalegająca grubą warstwą dno lasu, powodując ponadto lepszy poślizg ładunków.

Z pozostałych szkód glebowych najliczniejsze z nich (16,4%) wystąpiły w 4 klasie i były to uszkodzenia na pasie terenu około 2-metrowej szerokości pod linią nośną kolejki. Były one spowodowane przez wlokące się końce, półpodwieszonych do wagonika kolejki dźwigów, przy ich zrywce w dół lub w górę stoku. Można przy tym zauważyć, że przy poszerzeniu pasa zrywki kolejką, udział uszkodzeń gleby pod linią nośną w zasadzie nie wzrosło, natomiast znacznie zmalało ich udział procentowy w odniesieniu do całego zrębu. Należy tu zaznaczyć, że podobny pas uszkodzonej gleby występuje na szlaku zrywkowym, przy przemieszczaniu drewna pojazdami wykorzystującymi technologię półpodwieszania ładunków, z tym że powstają dodatkowe szkody od ich elementów jezdnych lub kroczących.

Uszkodzenia przez zrywkę kolejką Larix 3T drzew pozostających w drzewostanie oraz wyliczony wskaźnik uszkodzeń drzew WDI podano w tabeli 1. Do obliczenia tego wskaźnika ustalono wcześniej ponadto, że przeciętna ilość zerwanego kolejką drewna z powierzchni 25 arowego zrębu wyniosła $C=66,20 \text{ m}^3$, przy równoczesnym pozostawieniu na tym areale $N=77,5$ sztuk drzew rosnących.

Z pomiarów dokonanych w terenie po zakończeniu zrywki drewna kolejką wynika (tab.1), że w pasach drzewostanu położonych w odległości 10-20 m od linii nośnej było około dwa razy więcej drzew uszkodzonych, aniżeli w pasach położonych bezpośrednio przy niej. Podany rozkład uszkodzeń wynikał z faktu ścinania drzew rosnących w pobliżu linii nośnej – i stąd najbardziej uszkodzonych przez zrywane ładunki – dopiero w końcowym etapie pozyskania.

Ponadto wyniki pomiarów uwidoczniłone w tabeli 1 wykazują, że w drzewostanie, gdzie przemieszczano drewno kolejką, zanotowano jedynie uszkodzenia pni drzew (mieszczące się w klasach 1, 3, 5, 7). Nie stwierdzono natomiast uszkodzeń korzeni (klasy 2, 4, 6, 8) oraz całych drzew (klasa 9), które to zniszczenia są groźniejsze dla lasu i występują przy zrywce ciągnikami [Sosnowski 1997].

Wyliczony w tabeli 1 wskaźnik uszkodzenia drzew stojących WDI, przez zrywkę kolejką linową Larix 3T wyniósł 17,49. Natomiast wskaźnik ten określony w ten sam sposób dla zrywki kolejką Larix 550 (której parametry techniczno-eksploatacyjne są podobne) w trzebieżowym drzewostanie świerkowym w górach – osiągnął 44,12 [Sosnowski 1999a], co jako wartość liczbową większa oznacza, że jest to wynik mniej korzystny dla zdrowia lasu. Stąd można zauważyć, że przy porównywalnych środkach technicznych oraz podobnym stopniu wyszkolenia obsługi, przyczynami determinującymi mniejszą wartość wspomnianego wskaźnika uszkodzeń drzew WDI dla kolejki Larix 3T, były zastosowane warianty technologiczne (w ostatniej kolejności ścinano i zrywano drzewa rosnące tuż przy linii nośnej) oraz warunki pracy. Warunki te [Sosnowski 1999a] były niewątpliwie mniej korzystne dla zrywki kolejką Larix 550, ponieważ była ona eksploatowana w trzebieżowym drzewostanie świerkowym o wysokim wskaźniku zadrzewienia, a obalane i zrywane po warstwy drzewa – przy braku podrostu i podszytu – zsuwały się na stojące świerki. Ponadto z natury płaski system korzeniowy rosnących świerków, z wystającymi dodatkowo korzeniami – w glebie słabo wykształconej, pełnej kamieni i głazów – był jeszcze więcej uszkodzany.

Tabela 1.

Uszkodzenia drzew rosnących w drzewostanie przy zrywce drewna kolejką linową Larix 3T
Growing trees damage in forest stand during timber extraction by cable crane Larix 3T

Stopień uszkodzeń drzew	Miejsce uszkodzeń	Klasa uszkodzeń, R	Liczba uszkodzeń na powierzchni 1a			Na powierzchni 25 a	
			do 10 m	10-20 m	przeciętnie	Liczba uszkodzeń, I	Wskaźnik uszkodzenia drzew w drzewostanie, WDI
Brak ewidentnego uszkodzenia	pień	1	0,5	1,3	0,9	22,5	4,38
	korzenie	2					
Uszkodzenie lekkie	pień	3	0,32	0,4	0,36	9	5,26
	korzenie	4					
Uszkodzenie średnie	pień	5	0,15	0,27	0,21	5,25	5,12
	korzenie	6					
Uszkodzenie ciężkie	pień	7	0,12	0,05	0,08	2	2,73
	korzenie	8					
Drzewo zniszczone	–	9					
Razem			1,09	2,02	1,55	38,75	17,49

Przydatność kolejki linowej Larix 3T do zrywki drewna 17

WYDAJNOŚĆ I KOSZTY ZRYWKI. Celem skalkulowania kosztów zrywki drewna kolejką linową Larix 3T, przyjęto przedstawione przez Nadleśnictwo Wetlina następujące dane wyjściowe:

Cena zakupu kolejki	332 261 zł
Wartość po okresie amortyzacji (10%)	33 226 zł
Okres amortyzacji	8 lat
Liczba godzin pracy w roku (11 miesięcy × 150 h)	1650 h/rok
Koszty ubezpieczeń	9672 zł/rok
Koszt stróżowania (11 miesięcy × 900 zł)	9900 zł/rok
Zużycie paliwa	5 dm ³ /h
Cena paliwa	2,40 zł/dm ³
Wskaźnik kosztów zużycia olejów i smarów	20% kosztu paliwa, zł/h
Stawka płacy załogi	21,00 zł/h
Wskaźnik kosztów obsługi codziennej	20% stawki płac załogi, zł/h
Wskaźnik kosztów napraw	10% od sumy stawki płac załogi oraz wskaźnika kosztów obsługi codziennej, zł/h
Wskaźnik kosztów przemieszczania maszyny	20% od sumy kosztów stałych oraz zmiennych, zł/rok lub zł/h
Wydajność zrywki	4 400 m ³ /rok=400 m ³ /miesiąc=2,66 m ³ /h

Stąd, przy spełnieniu wymienionych założeń, spodziewane koszty zrywki drewna kolejką Larix 3T przedstawiono w tabeli 2.

Jak wynika z tabeli 2, skalkulowany z kosztów rocznych przez Nadleśnictwo Wetlina koszt jednostkowy zrywki jednego m³ drewna kolejką Larix 3T, przy zakładanej wydajności 2,66 m³/h

Tabela 2.

Kalkulacja kosztów zrywki drewna kolejką linową Larix 3T w Nadleśnictwie Wetlina przy zakładanym czasie pracy $T_r=1650$ h/rok i wydajności zrywki $W_r=4400$ m³/rok (tj. 400 m³/miesiąc=2,66 m³/h)
 Cost estimates for the extraction of trees by cable crane Larix 3T in Wetlina Forest District at the assumed working time $T_r=1650$ h/year and harvest productivity $W_r=4400$ m³/year (i.e. 400 m³/month=2.66 m³/h)

Pozycja kosztów	roczny, K_r [zł/rok]	Koszt zrywki, K	
		za godzinę, K_h [zł/h]	jednostkowy, K_j za metr kubiczny, K_{m^3} [zł/m ³]
Amortyzacja	37 379	22,66	8,49
Odsetki bankowe	12 792	7,75	2,91
Ubezpieczenia	9 672	5,86	2,2
Stróżowanie	9 900	6	2,25
I. Koszty stałe – razem	69 743	42,27	15,85
Paliwo	19 800	12	4,5
Oleje, smary	3 960	2,4	0,9
Remonty	4 158	2,52	0,95
Płace członków załogi	34 650	21	7,87
Obsługa codzienna	6 930	4,2	1,58
II. Koszty zmienne – razem	69 498	42,12	15,8
III. Przemieszczanie kolejki (20% od I+II)	27 848	16,88	6,33
Koszty zrywki – ogółem (I+II+III)	167 089	101,27	37,98

18 Jerzy Sosnowski, Bartłomiej Obajtek, Tomasz Zieliński

(i zarazem 4 400 m³/rok), jest równy 37,98 zł/m³. W przypadku osiągnięcia przez kolejkę większej wydajności, co jest technicznie i technologicznie możliwe, a może mieć miejsce przy krótszych odległościach zrywki, większej koncentracji ładunków (większe zręby, duża intensywność cięć), lepszym wykorzystaniu ładowności wagonika i czasu pracy (np. przez przeznaczenie jak największej czasu na zrywkę, przy równoczesnym ograniczeniu do potrzebnego minimum czasu na przemieszczanie kolejki, jej montaż i demontaż oraz przeglądy i naprawy) – wspomniany koszt jednostkowy może być obniżony.

W związku z tym wykonano zamieszczone poniżej obliczenia kosztów zrywki badaną kolejką przy zmiennej wydajności pracy, wynikającej z różnych odległości przemieszczania drewna.

Celem ustalenia równania funkcyjnego dla obliczania wydajności godzinowej (W_h) badanej kolejki (przy zmiennej odległości zrywki i ładunku o różnej masie), wyliczono najpierw równanie regresji czasu trwania cyklu zrywkowego (T_c). W tym celu ustalono czasochłonności jednostkowe jazdy (h/m) i prac ładunkowych (h/m³). Na tej podstawie określono czasochłonność cyklu zrywkowego, która może być obliczona przy pomocy funkcji:

$$T_c = 0,000399 \cdot L + 0,001068 \cdot l + 0,063333 \cdot Q \quad [h]$$

gdzie:

T_c – czasochłonność cyklu zrywkowego [h],

L – odległość zrywki po linii nośnej [m],

l – odległość zrywki bocznej [m],

Q – objętość [m³] jednorazowego ładunku.

Posługując się przedstawionym równaniem oraz danymi na temat kosztów wyliczono wielkości przedstawione w tabeli 3.

Obliczone w tabeli 3 wydajności godzinowe zrywki dłużyc bukowych są zbliżone do maksymalnych (koszty natomiast do minimalnych), ponieważ w czas pracy wliczone są jedynie krótkie przerwy w ciągu dnia roboczego, zaistniałe z przyczyn technicznych (drobne przeglądy i naprawy), jak również eksploatacyjnych (np. oczekiwanie na ścinę, przerzynkę itp.) oraz fizjologicznych. Natomiast nie wliczono tu czasu potrzebnego w ciągu dnia roboczego na dojazdy pracowników do i z miejsca pracy oraz na ich odpoczynek, jak również nie uwzględniono przerw całodobowych na przemieszczanie kolejki, jej montaż i demontaż oraz postoje techniczne (np. konserwacje, naprawy, awarie) i postoje eksploatacyjne (np. święta, brak drewna, nieprzyjazne warunki atmosferyczne).

Do wyliczenia opłacalności zrywki badaną kolejką porównano poniżej koszty jednostkowe ze stawką taryfową.

Łączna stawka taryfowa – jaką ustaliło Nadleśnictwo Wetlina za zrywkę 2-etapową, tj. w I etapie kolejką *Larix 3T* na odległość do 700 m oraz w II etapie ciągnikiem na dystans do 200 m – wyniosła 52,80 zł/m³. Stąd, po odliczeniu należności za zrywkę ciągnikiem na odległość do 200 m [Sosnowski 1999a], stawka taryfowa dla samej kolejki wynosi – przy odległości przemieszczania do 700 m – ok. 46,30 zł/m³.

Porównując podany w tabeli 3 koszt zrywki (przy wykazanych w niniejszej pracy możliwościach jego obniżki) z przyjętą stawką taryfową należy stwierdzić, że zastosowanie kolejki w przedstawionych i podobnych warunkach terenowych i drzewostanowych oraz przy opisanej organizacji pracy, jest przedsięwzięciem dochodowym.

Należy nadmienić, że koszty pozyskania i zrywki średniowymiarowego drewna stosowego S2 (papierówka) i S4 (opał) w Nadleśnictwie Wetlina wyniosły łącznie około 80 zł/m³ (ścinka 19,60, wyrzynka 0,90, zrywka 2-etapowa ok. 60, tj. kolejką do 700 m – 46,30 oraz ciągnikiem do 200 m – 6,50, od 200 do 1000 m 1,10 za każde 100 m, zaś ponad 1000 m – 0,50 za każde 100 m).

Tabela 3.

Wydajność oraz koszty zrywki – dłużyc bukowych kolejką linową Larix 3T w drzewostanie rębnym w górach – rzeczywiste przy ładunku wagonika 1,05 m³ (tj. współczynniku wykorzystania ładowności wagonika E=0,42) oraz hipotetyczne przy ładunku 1,26 m³ (E=0,50) oraz 2,53 m³ (E=1,00)
 Productivity and harvesting of beech logs using cable crane Larix 3T in a timber stand in the mountains – real costs with the load of 1.05 m³ (i.e. with the index of loading capacity E=0,42) and hypothetical costs with the load of 1.26 m³ (E=0,50) and 2.53 m³ (E=1,00)

Objętość (masa) 1-razowego ładunku Q, [m ³ (t)]	Odległość zrywki po linie nośnej L, [m]	Srednia odległość zrywki bocznej „l” (oraz odpowiadająca jej szerokość pasa zrywki), [m]	Czasochłon- ność cyklu zrywkowego T _c [h]	Częstotliwość cyklu zrywkowego F=1/T _c [szt./h]	Wydajność godzinowa zrywki Wh=Q/T _c [m ³ /h]	Koszt zrywki 1 m ³ K _{m,3} =K _l /W _h [zł/m ³]
1,05 (1,04)	100	10 m (2 × 20 m)	0,12	8,33	8,75	11,57
	700	25 m (2 × 50 m)	0,13	7,69	8,08	12,53
1,26 (1,25)	700	10 m (2 × 20 m)	0,36	2,78	2,92	34,68
		25 m (2 × 50 m)	0,37	2,70	2,84	35,66
	100	10 m (2 × 20 m)	0,13	7,69	9,69	10,45
		25 m (2 × 50 m)	0,15	6,67	8,40	12,06
700	10 m (2 × 20 m)	0,37	2,70	3,41	29,70	
	25 m (2 × 50 m)	0,39	2,56	3,23	31,35	
2,53 (2,50)	100	10 m (2 × 20 m)	0,21	4,76	12,05	8,40
		25 m (2 × 50 m)	0,23	4,35	11,00	9,21
	700	10 m (2 × 20 m)	0,45	2,22	5,62	18,02
		25 m (2 × 50 m)	0,47	2,12	5,38	18,82

Natomiast koszty te dla drewna wielkowymiarowego W wyniosły około 70 zł/m³ (tj. ścinka 8,89, wyrzynka 0,47, zrywka około 60). Stąd widać, że koszty pozyskania i zrywki istotnie wpływają na cenę loco składnica tego surowca, szczególnie przy kilkakrotnie tańszym niż wielkowymiarowym, drewnie średniowymiarowym, która na rynku drzewnym w Polsce oscyluje wokół 100 zł/m³.

Wnioski

✦ Zastosowanie kolejki linowej Larix 3T do zrywki drewna w rębni stopniowej (III) i przy dużym nachyleniu powierzchni zrębowej (21-30°), potwierdziły jej przydatność do pracy w trudnych warunkach drzewostanowych i terenowych, przy zachowaniu ponadto wymagań stawianych zrywce środowiskoszczędnej (niskie wskaźniki uszkodzenia gleby i drzewostanu) i pracy bezpiecznej dla ludzi (brak wypadków).

✦ Kolejka linowa Larix 3T osiągając wydajność godzinową zrywki 3,62 m³ drewna dłużyc bukowych, przy średniej odległości 500 m, ze zrębu częściowego o szerokości 2 × 50 m, może zerwać w ciągu dnia roboczego (8 h) 28,96 m³, miesiąca (20 dni roboczych) 579,20 m³, zaś w roku (11 miesięcy) około 6371,2 m³. Stąd aktywne wykorzystanie będących obecnie w Polsce 6 kolejek linowych typu Larix, pozwoliłoby na zerwanie około

20 Jerzy Sosnowski, Bartłomiej Obajtek, Tomasz Zieliński

0,2% pozyskiwanego w kraju drewna, a szczególnie z lasów trudno dostępnych.

- ✦ Ustalone przez Nadleśnictwo Wetlina stawki taryfowe za zrywkę drewna kolejką Larix 3T, będąc uzasadnionymi pod względem ponoszonych kosztów własnych oraz rynkowych cen drewna, stwarzają ekonomiczne możliwości opłacalnego stosowania tego typu sprzętu w lasach krajowych.

Literatura

- Chmel L. 2000. Ve Křtinách se hovořilo o lanovkách. Forest Magazin, Jaro 2000: 10-13.
- Instrukcja obsługi leśnej kolejki linowej Larix 3T. 1999. Školní lesní podnik. Výzkumná stanice Krtiny.
- Jajor R. 2001. W firmę trzeba inwestować. Las Pol. 24: 28-29.
- Krzysik F. 1974. Nauka o drewnie. PWN, Warszawa.
- Mokrzycki J., Gornowicz R., Stempki W. 2000. Struktura czasu i wydajność zrywki drewna. W: Stan i perspektywy badań w zakresie użytkowania lasu. Materiały III Konferencji Leśnej Sękocin Las. 203-214.
- Novak L. 2002. Czeskie kolejki linowe. Las Polski, nr specj. 1: 14-15.
- Sosnowski J. 1997. Model wyboru optymalnego środka do zrywki drewna. Roczniki AR Poznań, 276.
- Sosnowski J. 1999a. Przydatność kolejki linowej Larix 550 do zrywki drewna z trzebieży w górach. Sylwan 12: 21-34.
- Sosnowski J. 1999b. Zrywka drewna kolejką linową Larix 550. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej 10: 18-19.
- Sosnowski J. 2000a. Ocena możliwości zastosowania kolejki linowej Larix 550 do zrywki drewna. Biuletyn Regionalny Zakładu Doradztwa Rolniczego Akademii Rolniczej w Krakowie. 320: 113-114.
- Sosnowski J. 2000b. Film naukowo-dydaktyczny „Kolejka linowa Larix 550 przy zrywce drewna”. Biuletyn Regionalny Zakładu Doradztwa Rolniczego Akademii Rolniczej w Krakowie. 320: 115.

SUMMARY

The usefulness of a cable crane Larix 3T during the extraction in timber stands in the mountains

Timber extraction in Poland is chiefly performed by tractors and only occasionally by horses or cable cranes.

The usefulness of the cable crane Larix 3T was analysed in the context of damage, productivity and unit costs during timber extraction.

The studies focused on the extraction of large- and medium-sized wood harvested under the regeneration felling in a fir-beech stand managed under the irregular shelterwood cutting system (III) in the Wetlina Forest District in the Bieszczady Mountains.

Soil disturbances were classified according to a 4-degree scale while the damage to standing trees – according to a 5-degree scale including the calculation of the stand damage index.

The real productivity of timber extraction using the cable crane Larix 3T was determined on the basis of measurements in the terrain calculating the productivity per hour (then per day, month and year) of the effective work. This allowed to determine the expected (hypothetical) productivity when the carriage was half or fully loaded. The costs of timber extraction calculated for the above mentioned types of productivity were compared with expenditures on timber harvesting.

The research results allowed to formulate the following conclusions:

- ✦ The cable crane Larix 3T for timber extraction in difficult terrain conditions under the irregular shelterwood cutting system (III) at a slope 21-30° of the cutting area has proved useful with the assumption that the extraction has to be safe to the environment (low index of soil disturbance and stand damage) and people (no accidents).
- ✦ Attaining the harvesting productivity of 3.62 m³/h of beech logs, at an average distance of 500 m, from the cutting area of 2 x 50 m in width, the cable crane Larix 3T can extract 28.96 m³ per day (8 h), 579.20 m³ per month (20 working days), and ca 6371.2 m³ per year (11 months).

Przydatność kolejki linowej Larix 3T do zrywki drewna **21**

Thus, the active use of 6 cable cranes Larix 3T being in operation in Poland will allow to extract ca 0.2% of timber on the country scale, especially from forests difficult to access.

- ✦ In view of own costs incurred and market prices of timber, the extraction rates adopted by the Wetlina Forest District for the cable crane Larix 3T prove reasonable. The use of this type of equipment in the Polish forests is economically justified.