

Marian SUWAŁA

Instytut Badawczy Leśnictwa  
Zakład Użytkowania Lasu  
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 Roku, nr 3  
00-973 Warszawa  
e-mail: M.Suwala@ibles.waw.pl

## WYDAJNOŚĆ PRACY I KOSZT POZYSKIWANIA DREWNA W PÓŻNYCH TRZEBIEŻACH W DRZEWOSTANACH SOSNOWYCH

EFFICIENCY AND COST OF HARVESTING IN LATE THINNING  
OF SCOTS PINE STANDS

**Abstract:** Work efficiency and technical cost of 1 m<sup>3</sup> wood harvesting with 5 chosen technological processes (with chain saw, one grip harvester, as well as skidder, forwarder and horse) were investigated. Exploitation cost of short wood method with utilisation of chain saw and forwarder was the lowest. This method is efficient also with harvester. The increase of work efficiency and decrease of wood harvesting costs were noted when the distances between operational strip roads was diminishing.

**Key words:** Scots pine stands thinning, wood harvesting, work efficiency, harvesting unit cost.

## 1. WSTĘP

Zdania na temat wprowadzania nowych technologii i środków technicznych do pozyskiwania drewna są podzielone. Wiele kontrowersji wywołują zwłaszcza maszyny drogie, na wysokim poziomie technicznym. Można w uproszczeniu powiedzieć, że procesy technologiczne z ich użyciem są kapitałochłonne, mogą jednak wpłynąć na zmniejszenie kosztów jednostkowych, jeżeli odpowiednio zwiększy się wydajność pracy. Natomiast w przypadku procesów technologicznych na niskim poziomie technicznym, nakłady kapitałowe są oczywiście mniejsze, ale możliwości zahamowania wzrostu kosztów jednostkowych przy ich zastosowaniu są bardzo ograniczone. Wątpliwości budzi także problem szlaków operacyjnych, w szczególności odstępów między nimi.

W dyskusjach na powyższe tematy wskazuje się m.in. na różnice między krajowymi a zagranicznymi warunkami drzewostanowymi. Pewną barierą w wykorzystaniu wyników badań zagranicznych są także bardzo zróżnicowane, często ogólnikowe założenia metodyczne, co utrudnia porównywanie kosztów.

W przedstawionej sytuacji konieczne jest prowadzenie badań w krajowych warunkach przyrodniczych i ekonomicznych. Dotyczy to szczególnie późnych trzebieży drzewostanów sosnowych, w których, jak się wydaje, opłacalność stosowania maszyn wielooperacyjnych osiąga swoje wartości graniczne, a wiedza o kosztach pozyskiwania drewna w tych warunkach jest mała i szybko ulega dezaktualizacji.

## 2. PRZEGLĄD LITERATURY

Wyniki badań porównawczych wydajności pracy i kosztów pozyskiwania drewna różnymi metodami i procesami technologicznymi prezentowane są w literaturze zagranicznej niezwykle rzadko. Wyniki odnoszą się najczęściej tylko do metody sortymentowej i wybranych środków technicznych. Wyjątkowo podaje się dokładniejsze zasady obliczania wskaźników. Przedstawione dalej, wybrane wyniki, szczególnie odnoszące się do pozyskiwania drewna z użyciem maszyn wielooperacyjnych, dają jednak pewne wyobrażenie o poziomie, relacjach i zróżnicowaniu wydajności pracy i kosztów.

W tabeli 1 zestawiono jednostkowe koszty pozyskiwania drewna w wybranych krajach w trzebieżach w drzewostanach iglastych z użyciem harwestera jednochwytakowego i forwardera. Można stwierdzić, że koszty ścinki i wyróbki drewna harwestermem znacznie się różnią między krajami, mimo podobieństwa podanych warunków drzewostanowych i realizacji procesu (np. odstęp między szla-

Tabela 1

Table 1

**Koszty pozyskiwania drewna w wybranych krajach w trzebieżach w drzewostanach iglastych**

Costs of wood harvesting in coniferous stand thinnings in chosen countries

Kraj, źródło danych Country and referencies					
Dania Denmark (KOFMAN 1995)	Finlandia Finland (LILLEBERG 1995)	Francja France (BOUVAREL 1995)	Niemcy Germany (TEUTENBERG 1995)	Norwegia Norway (DALE 1995)	Szwecja Sweden (ARVIDSON 1995)
Drzewostan Stand					
Św 25 lat, Spruce 25 y D <sub>1,3</sub> 10–12 cm, H 8–10 m	So 25-40 lat Pine 25–40 y D <sub>1,3</sub> 12–14 cm, H 12–14 m	So, Św Pine, Spruce D <sub>1,3</sub> 13 cm, H 12–15 m	Św 35 lat, Spruce 35 y D <sub>1,3</sub> 13,5 cm, H 14 m	Św Spruce D <sub>1,3</sub> 12 cm, H 12 m	Św, So 30 lat, Spruce, Pine 30 y D <sub>1,3</sub> 13 cm, H 14 m
Liczba drzew na 1 ha: przed zabiegiem / po zabiegu No of trees per ha: before treatment / after treatment					
2000/1500	1200–1600/1000	1500–2000/ /1200–1700	2400/1500	2000/1200	2000/1200
Odstęp między szlakami [m] Distance between strip roads [m]					
-	20	15	20	18–20	-
Koszt ścinki i wyróbki 1 m <sup>3</sup> drewna harvesterem Felling and bucking cost of 1 m <sup>3</sup> of wood with harvester					
10 ECU 41,0 zł	25–50 FIM 25–50 FIM* 17,2–34,4 zł 17,2–34,4 zł	11–17 ECU 45,1–69,7 zł	25–30 ECU 45–50 ECU* 102,5–123,0 zł 184,5–205,0 zł	140–175 NOK 64,7–80,9 zł	80–100 SEK 34,6–43,2 zł
Koszt zrywki 1 m <sup>3</sup> drewna forwarderem Cost of 1 m <sup>3</sup> of wood forwarding					
8 ECU 32,8 zł	25–30 FIM 17,2–20,6 zł	5-8 ECU 20,5–32,8 zł	5–9 ECU 20,5–36,8 zł	50–70 NOK 23,1–32,4 zł	45 SEK 19,5 zł
Razem koszt ścinki i wyróbki harvesterem oraz zrywki forwarderem 1 m <sup>3</sup> drewna Total cost of felling and bucking cost with harvester as well as forwarding of 1 m <sup>3</sup> of wood					
18 ECU 73,8 zł	50–80 FIM 50–80 FIM** 34,4–55,0 zł 34,4–55,0 zł	16–25 ECU 65,6–102,5 zł	30–39 ECU 50–59 ECU** 123,0–159,9 zł 205,0–241,8 zł	190–245 NOK 87,8–113,3 zł	125–145 SEK 54,1–62,7 zł

## \* Koszt ścinki i wyróbki pilarką

Cost of felling and bucking with chain saw

## \*\* Koszt z uwzględnieniem ścinki i wyróbki pilarką

Cost including felling and bucking with chain saw

D<sub>1,3</sub> — breast height diameter, H — tree height

Koszt w zł wg kursów średnich NBP z 30. 12. 1998 r.

Cost in zł according NBP mean rate of exchange from 30.12.1998.

kami) oraz tego samego roku publikacji. Największe są w Niemczech, mniejsze w Norwegii, Francji, Danii i Szwecji, a najmniejsze w Finlandii. Koszty zrywki forwardelem są bardziej do siebie zbliżone. Jednak różnice w całym procesie dochodzą do ok. 200%. Wskazuje to na znaczący wpływ na koszty krajowych warunkowań przyrodniczych i ekonomicznych.

Na uwagę zasługują mniejsze koszty pozyskiwania drewna z użyciem harwestera niż pilarki w Niemczech (TEUTENBERG 1995) już przy stosunkowo małych wymiarach drzew. W Finlandii stwierdzono, że koszty te są na takim samym poziomie (LILLENBERG 1995). Jak podaje TERÄVÄ (1994), w Finlandii zastosowanie harwestera w porównaniu z użyciem pilarki jest opłacalne jeżeli miąższość drzew jest większa niż 0,05 m<sup>3</sup>.

LINDROOS i in. (1993) przedstawiają koszty pozyskiwania drewna w trzebieżach z użyciem pilarki i harwestera w zależności od gatunku drzewa (św, so), sposobu wyróbki (kłody i wałki lub tylko kłody), klasy terenu oraz rocznego rozmiaru wykonania pracy harvesterem i forwardelem. Autorzy podają przy tym, że odstęp między szlakami wynosił 20 m. Analiza tych kosztów wskazuje, że największe znaczenie przy ścinie i wyróbce drewna ma miąższość drzew, zarówno przy zastosowaniu pilarki jak i harwestera. W przypadku pilarki znaczącą rolę odgrywają jeszcze gatunek drzewa i sposób wyróbki. Natomiast przy zastosowaniu harwestera wyraźniejszy jest także wpływ rocznego rozmiaru ścinki i wyróbki, a więc wykorzystania maszyny. Koszty zrywki forwardelem podano przy takiej samej odległości (350 m). W tej sytuacji różnice są stosunkowo małe. Rosną one nieco wraz ze zmniejszeniem się przeciętnej miąższości drzewa. Są większe po ścinie i wyróbce pilarką niż harvesterem. Choć przedstawione prawidłowości należą w dużej części do znanych, uznano jednak za celowe ich odnotowanie w niniejszym przeglądzie.

Prowadzenie cięć przedrębnych wymaga udostępnienia drzewostanu szlakami operacyjnymi przy zastosowaniu każdej metody i procesu technologicznego, z użyciem naziemnych środków technicznych. Podstawowy odstęp między szlakami w ramach przedstawionych wyżej badań wynosił 15–20 m (BOUVAREL 1995; DALE 1995; LILLENBERG 1995; LINDROOS i in. 1993; TEUTENBERG-RAUPACH 1995). Odstępy między szlakami 20–25 m stosuje się już powszechnie w praktyce, np. w Szwecji (FRÖDING 1992) i Finlandii (SIREN 1991). W Niemczech dopuszcza się takie odstępy w większości krajów federacyjnych (FORBRIG 1994; GUGLHÖR 1993).

Odstęp między szlakami operacyjnymi może wpływać na kształtowanie się wydajności pracy i kosztów. Na jego istotne znaczenie przy zastosowaniu procesów technologicznych z użyciem harwestera jednochwytakowego i forwardera (wysięg żurawia obu maszyn ok. 10 m) w trzebieży drzewostanu świerkowego w wieku 20–45 lat zwrócili uwagę np. BORT i in. (1993). Przeciętna miąższość drzew wynosiła 0,16 m<sup>3</sup>. W badaniach zastosowano odstępy między szlakami

operacyjnymi 20, 30 i 40 m. W przypadku odstepu między szlakami 20 m pozyskiwanie drewna przebiegało jednoetapowo, natomiast przy odstępach 30 i 40 m w dwóch etapach. W pierwszym za pomocą harwestera ścięto drzewa oraz dokonano wyróbki drewna w zasięgu maszyny (około 10 m) poruszającej się po szlaku oraz zerwano drewno forwarderem. W drugim — przy odstepie 30 m, pozostałe drzewa zostały ścięte pilarką (obalone w kierunku szlaku), następnie okrzesane i wyrobione harwesterem oraz zerwane forwarderem. Proces technologiczny podczas drugiego etapu przy odstepie 40 m obejmował: ścinkę drzew pilarką (obalanie w kierunku przeciwnym do szlaku), dociąganie drzew wciągarką do szlaku, okrzesywanie i wyróbkę harwesterem oraz zrywkę forwarderem. Wydajność pracy harwestera wyniosła:  $9,6 \text{ m}^3/\text{masz.godz.}$  ( $76,8 \text{ m}^3/8 \text{ masz.godz.}$ ) przy odstepie między szlakami 20 m oraz w pierwszym etapie w przypadku odstępów 30 i 40 m;  $7,1 \text{ m}^3/\text{masz.godz.}$  ( $56,8 \text{ m}^3/8 \text{ masz.godz.}$ ) w drugim etapie przy odstepie 30 m (okrzesywanie i wyróbkę drewna po ścinie pilarką) oraz  $12,3 \text{ m}^3/\text{masz.godz.}$  ( $98,4 \text{ m}^3/8 \text{ masz.godz.}$ ) w drugim etapie przy odstepie 40 m (okrzesywanie i wyróbkę drewna po ścinie pilarką i dociągnięciu drzew do szlaku). Autorzy stwierdzają, że przy odstepach między szlakami 20, 30 i 40 m relacja kosztów pozyskiwania drewna (operacje technologiczne i zrywka) wyniosła: 1 : 1,25 : 1,70.

Wydajność pracy i koszty pozyskiwania drewna w drzewostanie świerkowym, ale przeciętnie nieco starszym (47 lat), z użyciem harwestera jednochwytkowego i forwardera przy odstepie między szlakami 40 m przedstawiają FORBRIG i in. (1996). Proces pozyskiwania przebiegał także w dwóch etapach. W tym przypadku jednak proponuje się 2–4-letnią przerwę między nimi, przeznaczoną na stabilizację części drzewostanu, po wykonaniu pierwszego etapu pozyskiwania drewna. Dociąganie ściętych drzew do szlaku w drugim etapie wykonano koniem lub wciągarką montowaną na ciągniku. Wydajność pracy i koszty przy przeciętnej miąższości drzew usuwanych  $0,15 \text{ m}^3$  przedstawiały się następująco. Wydajność pracy harwestera w pierwszym etapie wyniosła  $6,5 \text{ m}^3/\text{masz.godz.}$  ( $52 \text{ m}^3/8 \text{ masz.godz.}$ ), natomiast w drugim (po dociągnięciu drzew do szlaku) — około  $7,0 \text{ m}^3/\text{masz.godz.}$  ( $56 \text{ m}^3/8 \text{ masz.godz.}$ ). Wydajność pracy przy zrywce forwarderem osiągnęła przeciętnie w obu etapach  $8,9 \text{ m}^3/\text{masz.godz.}$  ( $71,2 \text{ m}^3/8 \text{ masz.godz.}$ ). Koszty pozyskiwania drewna w pierwszym etapie (ścinka i wyróbkę drewna harwesterem, zrywka forwarderem) wyniosły około  $51 \text{ DM}/\text{m}^3$ . W drugim były znacznie większe i różniły się w zależności od środka użytego do dociągania drzew do szlaku. Wyniosły około  $76 \text{ DM}/\text{m}^3$  w procesie obejmującym ścinkę pilarką, dociąganie drzew do szlaku koniem, okrzesywanie i wyróbkę harwesterem, zrywkę forwarderem, lub ok.  $98 \text{ DM}/\text{m}^3$ , kiedy w procesie technologicznym wykonano dociąganie drzew do szlaku za pomocą wciągarki zamontowanej na ciągniku.

W literaturze krajowej na podstawową rolę systemu technologicznego (metody) i stosowanej techniki oraz potrzebę uwzględnienia całego procesu technolo-

gicznego pozyskiwania drewna w analizie kosztów zwrócił uwagę KAMIŃSKI (1970) już wiele lat temu. Podkreślił on również, że przy wyborze metody pozyskiwania drewna najważniejsze znaczenie ma odległość operacji transportowych (KAMIŃSKI 1982). Na przestrzeni lat uległy jednak zmianie środki techniczne oraz dane wyjściowe do obliczania kosztów.

W cięciach pielęgnacyjnych więcej uwagi poświęcano dotychczas pozyskiwaniu drewna w trzebieżach wczesnych niż późnych. Prezentowane wyniki kosztów pozyskiwania drewna dotyczyły jednak prawie wyłącznie procesów technologicznych na niskim poziomie technicznym, tzn. z użyciem siekiery i pilarki do wykonania ścinki i wyróbki drewna, ze szczególnym uwzględnieniem jego zrywki wybranymi środkami (np. GRODECKI, STEMPSKI 1996; PORTER 1997; RZADKOWSKI 1995, 1996; WIĘSIK 1997; WIĘSIK, KOWALSKI 1997).

Badania procesów technologicznych pozyskiwania drewna z użyciem harwestera jednochwytakowego w trzebieżach wczesnych dopiero zaczyna się w kraju prowadzić. Wstępne wyniki wskazują, że jego zastosowanie jest jeszcze w tych warunkach nieopłacalne (JODŁOWSKI 1997; SUWAŁA i in. 1997). Możliwości jego efektywnego wykorzystania rysują się w trzebieżach późnych drzewostanów sosnowych (SUWAŁA 1996, 1997; SUWAŁA i in. 1997). Konieczne jest jednak wyjaśnienie niektórych kwestii, związanych z jego racjonalnym zastosowaniem.

### 3. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Ogólnym celem poznawczym pracy jest przedstawienie wpływu wybranych metod i procesów technologicznych oraz odstępów między szlakami operacyjnymi na wydajność i koszt jednostkowy pozyskiwania drewna w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych.

Celem praktycznym jest wskazanie metod, procesów technologicznych i środków pracy oraz odstępów między szlakami operacyjnymi, umożliwiających osiągnięcie najmniejszych kosztów jednostkowych pozyskiwania drewna.

W badaniach uwzględniono tradycyjną metodę całej strzały oraz sortymentową, która nie ma jeszcze w kraju większego znaczenia gospodarczego. Metoda całej strzały obejmowała ścinkę i okrzesywanie na powierzchni cięć, następnie zrywkę całych strzał oraz wyróbkę drewna pilarką przy drodze wywozowej. W metodzie sortymentowej wykonywano ścinkę, okrzesywanie oraz wyróbkę drewna w kłodach (3,1; 4,1 i 5,1 m) i wałkach (2,4 m), z ich składaniem po kilka sztuk na powierzchni cięć, a następnie zrywkę drewna. W ramach metod zastosowano procesy technologiczne różniące się środkami pracy.

W metodzie całej strzały (C):

C–PKP: ścinka i okrzesywanie pilarką (P), zrywka koniem (K), wyróbka pilarką (P);

C–PS<sub>w</sub>P: ścinka i okrzesywanie pilarką (P), zrywka skiderem LKT 81 (S<sub>w</sub>), wyróbka pilarką (P);

C–HS<sub>w</sub>P: ścinka i okrzesywanie harwesterem jednochwytakowym FMG 990/756 (H), zrywka skiderem LKT 81 (S<sub>w</sub>), wyróbka pilarką (P);

W metodzie sortymentowej (S):

S–PF: ścinka, okrzesywanie i wyróbka pilarką (P), zrywka forwarderem FMG 1010 (F);

S–HF: ścinka, okrzesywanie i wyróbka harwesterem jednochwytakowym FMG 990/756 (H), zrywka forwarderem FMG 1010 (F).

Zarówno harwester jak i forwarder wyposażone były w żuraw o wysięgu 10,2 m.

Procesy technologiczne C–HS<sub>w</sub>P i S–HF, a więc z użyciem harwestera w obu metodach badano z uwzględnieniem odstępów między szlakami około 20, 40 i 60 m. Przy odstępach między szlakami 40 i 60 m, zarówno harwester jak i ciągniki zjeżdżały z wyznaczonych szlaków na przylegające pasy drzewostanu, wykorzystując większe odstępy między drzewami. W przypadku procesów C–PKP i C–PS<sub>w</sub>P przyjęto odstępy między szlakami około 40 i 60 m. Przy pozyskiwaniu drewna procesem S–PF odstęp ten wynosił około 40 m. Szerokość szlaków została ustalona na około 3 m przy zastosowaniu procesów C–PKP i C–PS<sub>w</sub>P, natomiast w przypadku procesów C–HS<sub>w</sub>P, S–PF i S–HF — na około 4 m.

## 4. ZAŁOŻENIA METODYCZNE

### 4.1. Wskaźnik wydajności pracy

Wydajność pracy w procesie technologicznym ( $W_p$ ) obliczono jako iloraz czasu dnia roboczego (480 min.) i sumy czasochłonności operacji ( $P_o$ ) tego procesu wyrażony w maszynominutach\* na metr sześcienny:

$$W_p = \frac{480}{\sum P_o} \quad [m^3/8 \text{ masz.godz.}]$$

\* Pod mianem maszynominut i maszynogodzin ujęto także koniominuty i koniogodziny przy zrywce konnej.

Czasochłonność ( $P_0$ ) obliczono według czasu zmiany ( $T_{05}$ ). Czas zmiany obejmuje: czas produkcyjny ( $T_{04}$ ) i przerw na potrzeby fizjologiczne ( $T_5$ ). Na czas produkcyjny ( $T_{04}$ ) złożyły się:  $T_{02}$  — czas operacyjny (czas główny i pomocniczy),  $T_3$  — czas obsługi technicznej sprzętu w miejscu pracy,  $T_4$  — czas usuwania drobnych usterek w miejscu pracy.

Czas przerw na potrzeby fizjologiczne ( $T_5$ ) obliczono według normatywów procentowych przy pracy:

- pilarką — 13% w zmianie roboczej,
- innymi maszynami i zrywce konnej — 10% w zmianie roboczej.

Czasochłonność operacji technologicznych (masz.min./m<sup>3</sup>) obliczono jako iloraz czasochłonności w procesie technologicznym na działce (w masz.min./drzewo) i przeciętnej miąższości grubizny drzewa na całej powierzchni doświadczalnej (m<sup>3</sup>/drzewo).

Czasochłonność zrywki w procesie technologicznym (masz.min./m<sup>3</sup>) ustalono jako iloraz czasu  $T_{05}$  (masz. min) i rozmiaru zrywki (m<sup>3</sup>). Założono przy tym proporcjonalność czasu jazdy do odległości zrywki. Czasochłonność zrywki ciągnikiem forwarder w metodzie sortymentowej obliczono jako średnią ważoną czasochłonności zrywki drewna kładowanego i wałków (grubizny stosowej). Jako wagi przyjęto udziały procentowe tych dwóch grup drewna na powierzchni doświadczalnej.

Wskaźniki wydajności pracy obliczono jako średnie arytmetyczne z poszczególnych powierzchni doświadczalnych (drzewostanów).

## 4.2. Wskaźnik jednostkowego kosztu technicznego pozyskiwania drewna

Jednostkowy koszt techniczny ( $K_{tp}$ ) pozyskania 1 m<sup>3</sup> drewna w procesie technologicznym obliczono jako sumę jednostkowych kosztów technicznych operacji ( $K_{to}$ ) tego procesu:

$$K_{tp} = \sum K_{to} \quad [\text{zł/m}^3]$$

Jednostkowy koszt techniczny operacji ( $K_{to}$ ) obliczono jako iloczyn jej czasochłonności ( $P_o$ ) i kosztów technicznych pracy z użyciem danego środka ( $K_t$ ):

$$K_{to} = P_o K_t \quad [\text{zł/m}^3]$$

W kosztach technicznych pracy środków ( $K_t$ ) uwzględniono: płace brutto, ubezpieczenia społeczne, amortyzację, oprocentowanie kapitału, naprawy i części zamienne, paliwo lub paszę dla konia i oleje oraz koszty ogólnogospodarcze.

Formuła obliczania jednostkowych kosztów technicznych operacji, po uwzględnieniu założonych zasad ustalania cząstkowych kosztów pracy środków



oraz odpowiednim przekształceniu, ma postać:

$$K_{10} = P_o \left[ \frac{Z(100\% + u + g)}{60t \times 100\%} + \frac{C(a + n) + C_1 k + Tp(c_p j_p + c_o j_o)}{60T \times 100\%} \right] \quad [\text{zł/m}^3]$$

gdzie:

$Z$  – miesięczne płace brutto,

$u$  – stopa procentowa ubezpieczeń społecznych,

$g$  – procentowy wskaźnik kosztów ogólnogospodarczych,

$C$  – cena nowego środka,

$C_1$  – średnia cena środka w okresie amortyzacji (przyjęto w uproszczeniu połowę ceny nowego),

$a$  – procentowa stopa amortyzacji,

$n$  – procentowy wskaźnik kosztu napraw i części zamiennych,

$k$  – stopa oprocentowania kapitału,

$p$  – procentowy udział czasu pracy silnika lub konia ( $T_{02}$ ) w czasie zmiany ( $T_{05}$ ),

$c_p, c_o$  – cena paliwa lub owsa, cena oleju,

$j_p, j_o$  – godzinowe zużycie paliwa lub owsa, godzinowe zużycie oleju,

$t$  – liczba godzin pracy środka w miesiącu,

$T$  – liczba godzin pracy środka w roku.

Do obliczenia kosztów jednostkowych pozyskiwania drewna w procesie technologicznym przyjęto średnie czasochłonności operacji tego procesu z poszczególnych powierzchni doświadczalnych. Dane wyjściowe do obliczenia kosztów podano w tabeli 2. Koszty przedstawiono przy pracy jednozmianowej (1600 godz./rok), według stanu na 30. 12. 1998 r.

### 4.3. Prace terenowe i charakterystyka powierzchni doświadczalnych

Prace terenowe przeprowadzono w Nadleśnictwach: Dąbrowa i Solec Kujawski — (obecnie Cierpiszewo) w RDLP Toruń.

Wstępnego wyboru drzewostanów dokonano na podstawie wniosku cięć i operatu urządzania lasu. Wybór ten następnie zweryfikowano na gruncie, odrzucając drzewostany wyraźnie zróżnicowane w poszczególnych fragmentach pod względem cech taksacyjnych.

Badania przeprowadzono w sześciu drzewostanach, rosnących na siedlisku Bśw. Wiek drzewostanów podczas prowadzenia trzebieży wynosił od 59 do 92, średnio 69 lat. Przeciętna piersznica wynosiła przed trzebieżą od 16,7 do 23,8, średnio 20,3 cm; po trzebieży od 18,1 do 25,5, średnio 21,5 cm. Liczba drzew przed trzebieżą wahała się od 671 do 1162 i wynosiła średnio 867 drzew/ha. Na podaną średnią liczbę drzew na 1 ha powierzchni drzewostanu przed zabiegiem

Tabela 2  
Table 2Dane wyjściowe do obliczenia kosztów  
Input data for cost calculation

Wyszczególnienie Specification		Pilarka Saw	Harvester Harvester	Koń z wozem i uprzężą Horse with cart	Skider Skidder	Forwarder Forwarder
<b>Płaca (brutto) Gross salary</b>	<b>zł/miesiąc</b>					
<b>Drwal - operator - wozak</b>	<b>zł/month</b>	1500	2400	1600	2000	2200
feller-operator-carter						
<b>Pomocnik Assistant</b>					1600	
<b>Razem Total</b>					3600	
<b>Liczba osób obsługi</b>		1	1	1	2	1
No of staff						
<b>Narzućy od płac (ubezpz., inne)</b>	<b>%</b>	48,2	48,2	48,2	48,2	48,2
Overheads						
<b>Cena środka</b>	<b>zł</b>	1700	1150000	10000	260000	630000
Price of mean						
<b>Stawka amortyzacyjna</b>	<b>%</b>	33	12,5	17	14	14
rate of amortization						
<b>Oprocentowanie kapitału</b>	<b>%</b>	15	15	15	15	15
Rate of capital interest						
<b>Wskaźnik kosztu napraw</b>	<b>%</b>	33	3	5	3	3
Index of cost repairing						
<b>Zużycie paliwa</b>	<b>l/h</b>	1,3	13	3,1*	9	10
Fuel consumption						
<b>Cena paliwa</b>	<b>zł/l</b>	2,40	1,45	0,4**	1,45	1,45
Price of fuel						
<b>Zużycie oleju</b>	<b>l/h</b>	0,5	1,2	-	0,3	0,5
Oil consumption						
<b>Cena oleju</b>	<b>zł/l</b>	5,00	10,00	-	10,00	10,00
Price of oil						
<b>Udział czasu pracy silnika lub konia w czasie zmiany roboczej</b>	<b>%</b>	40	80	80	80	80
Work time share of engine or horse during a shift						
<b>Liczba godzin pracy:</b>						
No of work hours						
<b>w m-cu</b> in a month		160	160	160	160	160
<b>w roku</b> in a year		1600	1600	1600	1600	1600
<b>Wskaźnik kosztów ogólnogospod.</b>	<b>%</b>	100	100	100	100	100
Index of other costs***						

\* kg owsa kg of oat

\*\* zł/kg owsa oat zł/kg

\*\*\* e.g. costs specialized courses, amintenance of service buldings (without office costs)

złożyły się: drzewa dorodne — 243, pożyteczne — 465, szkodliwe — 159. W zależności od odstepu, na nowo zakładanych szlakach operacyjnych usuwano: 28 drzew (w tym 3 dorodne) przy odstepie około 20 m, 17 drzew (w tym 2 dorodne) przy odstepie 40 m i 14 drzew (w tym 2 dorodne) przy odstepie 60 m. Liczba drzew pozostających po trzebieży wyniosła od 532 do 904, średnio 692 drzewa/ha. Przeciętny rozmiar pozyskania z uwzględnieniem drzew wycinanych na szlakach operacyjnych wyniósł  $25,12 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Miąższość drzew usuwanych na powierzchniach wahała się od 0,10 do 0,21 i wyniosła przeciętnie  $0,15 \text{ m}^3$ .

Wybrany drzewostan dzielono losowo na działki, przeznaczone dla wariantów doświadczenia. Wariant doświadczenia oznacza proces technologiczny z określonym odstepem między szlakami. Liczba działek była równa liczbie wariantów doświadczenia. Szlaki operacyjne wytyczano w przybliżeniu środkiem działki, z uwzględnieniem luk w drzewostanie lub wykorzystywano szlaki już istniejące. Granice działek zostały trwale oznaczone farbą. Szlaki oznaczano tymczasowo taśmą papierową.

Pozyskiwanie drewna prowadzono jednoetapowo, zarówno w ramach operacji technologicznych (z równoczesną ścinką drzew na szlakach i przylegających do nich pasach drzewostanu), jak i zrywki (wyciąganie drewna i bezpośrednia zrywka tym samym środkiem). Stosowano pracę jednozmianową.

W celu ustalenia czasochłonności operacji i całych procesów przeprowadzono fotochronometrażę operacji w ramach procesów technologicznych oraz dokonano pomiaru miąższości drewna zgodnie z normą PN-92/D-95000.

## 5. WYNIKI

### 5.1. Wydajność pracy

Wydajność pracy w procesach technologicznych przedstawia rycina 1, natomiast wydajność pracy w operacjach technologicznych przedstawia się w poszczególnych procesach następująco ( $\text{m}^3/8 \text{ masz.godz.}$ ):

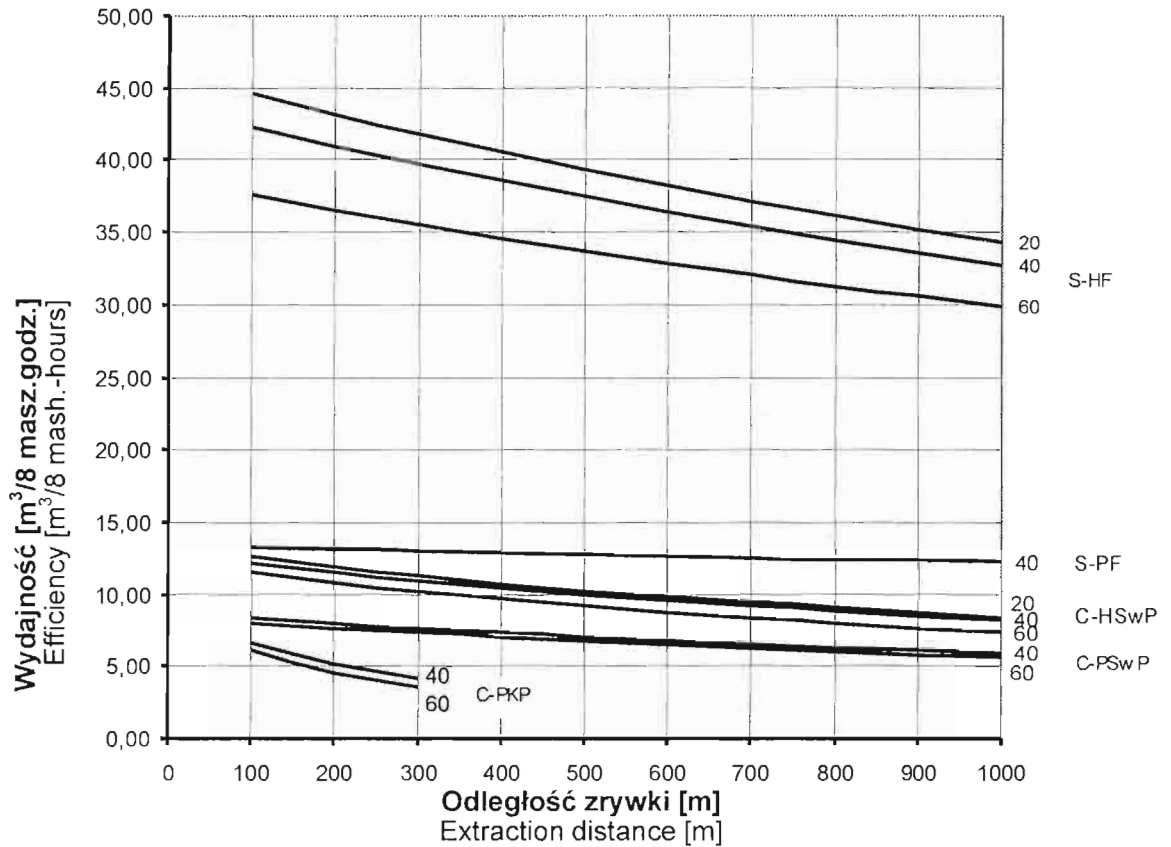
C-PKP i C-PS<sub>w</sub>P: 10,80 i 10,43, stosownie do odstępów między szlakami 40 i 60 m;

C-HS<sub>w</sub>P: 16,93 i 16,39 (w tym wydajność pracy harwestera 90,97–77,36, a wyrobki pilarką po zrywce — 20,80), stosownie do odstępów 20 i 60 m;

S-PF: 15,73;

S-HF: 82,00 — 72,79, stosownie do odstępów 20 i 60 m.

Zwiększenie wydajności pracy w poszczególnych procesach technologicznych, w porównaniu z procesem C-PKP-60, przy odległości zrywki 100 —



**Ryc. 1. Wydajność pracy przy pozyskiwaniu drewna (operacje technologiczne + zrywka) w późnych trzebieżach w drzewostanach sosnowych**

Fig. 1. Work efficiency of wood harvesting (technological operations+extraction) in late thinnings of pine stands.

300 m, kształtowało się następująco:

C-PKP-40:	9–16%,
C-PS <sub>w</sub> P-40:	38–113%,
C-PS <sub>w</sub> P-60:	31–104%,
C-HS <sub>w</sub> P-20:	107–214%,
C-HS <sub>w</sub> P-40:	100–206%,
C-HS <sub>w</sub> P-60:	90–185%,
S-PF-40:	218–264%,
S-HF-20:	630–1063%,
S-HF-40:	593–1006%,
S-HF-60:	516–889%.

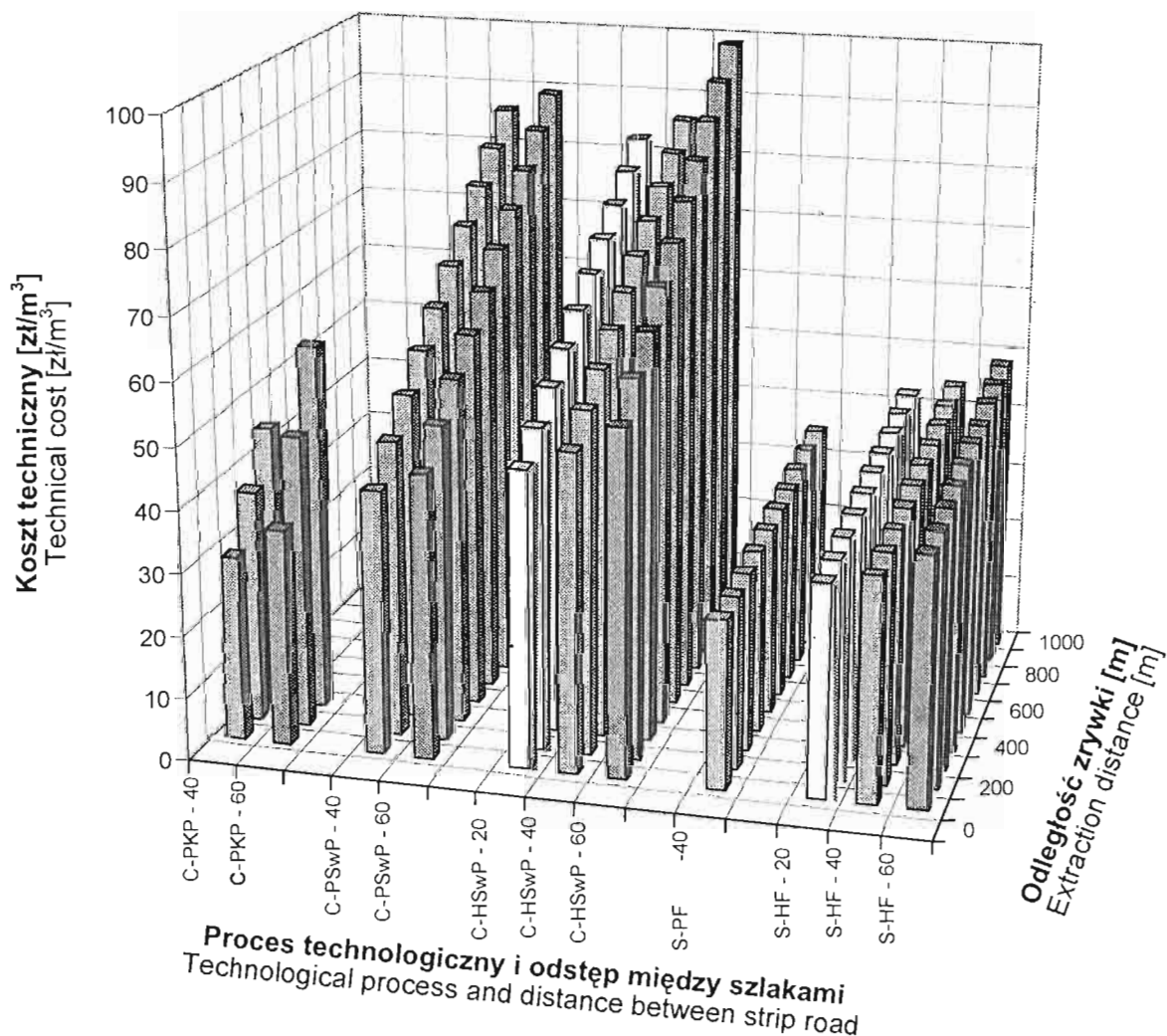
Zwiększenie wydajności pracy w ramach poszczególnych procesów technologicznych z tytułu zmniejszenia odstepu między szlakami operacyjnymi przedstawiało się następująco:

C-PKP: zmniejszenie odstepu z 60 do 40 m      zwiększenie wydajności o 9%,

C-PS <sub>w</sub> P:		zmniejszenie odstępu z 60 do 40 m	zwiększenie wydajności	o 5%,
C-HS <sub>w</sub> P:	j. w.	z 60 do 40 m	j.w.	o 5%,
C-HS <sub>w</sub> P:	j. w.	z 40 do 20 m	j.w.	o 3%,
S-HF:	j. w.	z 60 do 40 m	j.w.	o 13%,
S-HF:	j. w.	z 40 do 20 m	j.w.	o 5%.

## 5.2. Jednostkowy koszt techniczny

Jednostkowy koszt techniczny pozyskiwania drewna (zł/m<sup>3</sup>) przy zastosowaniu poszczególnych procesów technologicznych przedstawia rycina 2.



Ryc. 2. Jednostkowy koszt techniczny pozyskiwania drewna (operacje technologiczne + zrywka) w późnych trzebieżach w drzewostanach sosnowych

Fig. 2. Technical unit cost of wood harvesting (technological operations+extraction) in late thinning of pine standas

Jednostkowy koszt techniczny pozyskiwania drewna poszczególnymi procesami technologicznymi, w porównaniu z kosztem przy zastosowaniu procesu C-PKP-60 z odległościami zrywki 100 — 300 m przyjętym za 100%, stanowił:

C-PKP-40:	85–77%,
C-PS <sub>w</sub> P-40:	122–89%,
C-PS <sub>w</sub> P-60:	131–94%,
C-HS <sub>w</sub> P-20:	138–94%,
C-HS <sub>w</sub> P-40:	147–100%,
C-HS <sub>w</sub> P-60:	160–111%,
S-PF-40:	78–48%,
S-HF-20:	98–61%,
S-HF-40:	103–64%,
S-HF-60:	115–71%.

Zmniejszenie kosztów jednostkowych w poszczególnych procesach technologicznych wynikające ze zmniejszenia odstepu między szlakami operacyjnymi — przy odległości zrywki 100 m przedstawiało się następująco:

C-PKP:	zmniejszenie odstepu z 60 do 40 m	zmniejszenie kosztu o 15%,
C-PS <sub>w</sub> P:	j.w. z 60 do 40 m	j.w. o 7%,
C-HS <sub>w</sub> P:	j.w. z 60 do 40 m	j.w. o 8%,
C-HS <sub>w</sub> P:	j.w. z 40 do 20 m	j.w. o 6%,
S-HF:	j.w. z 60 do 40 m	j.w. o 10%,
S-HF:	j.w. z 40 do 20 m	j.w. o 5%.

## 6. DYSKUSJA I PODSUMOWANIE WYNIKÓW

Wydajność pracy ma duże znaczenie jako podstawa do obliczenia kosztów jednostkowych pozyskiwania drewna. Celowe jest więc podkreślenie i wyjaśnienie niektórych wyników. Na uwagę zasługuje większa wydajność pracy przy zastosowaniu metody sortymentowej niż całej strzały, w której wyróbka drewna wykonywana jest przy drodze wywozowej po jego zrywce. W procesach technologicznych na niższym poziomie technicznym, a więc z użyciem pilarki, wynika to stąd, że w metodzie sortymentowej (proces S-PF) po przerzynce drewna następuje jedynie układanie wałków (grubizna stosowa) po kilka sztuk, jako przygotowanie do zrywki forwarderem. Przemieszczanie drewna można przy tym ograniczyć do kilku metrów. Po zrywce drewna nie wykonuje się już żadnych operacji technologicznych. W przypadku wyróbki przy drodze (C-PKP, C-PS<sub>w</sub>P) konieczne jest m.in. ułożenie całości drewna po jego przerzynce. Wiąże się to często z przenoszeniem wałków na odległość kilkunastu metrów. Warto również

podkreślić, że zastosowanie nawet bardzo wydajnej maszyny (harwester) do wykonania tylko niektórych operacji (ścinka i okrzesywanie), kiedy wykonywane są także operacje charakteryzujące małą wydajnością, w małym stopniu przyczynia się do zwiększenia wydajności w całym procesie technologicznym (C–HS<sub>w</sub>P). Trzeba przy tym zaznaczyć, że wydajność harwestera przy ścinie i okrzesywaniu w metodzie całej strzały (C–HS<sub>w</sub>P) jest niewiele większa niż podczas wykonywania przez niego wszystkich operacji technologicznych, włącznie z ułożeniem drewna do zrywki w metodzie sortymentowej (S–HF).

Podane w wynikach wydajności pracy harwestera różnią się od prezentowanych w literaturze zagranicznej. Tylko w jednym przypadku przy zastosowaniu takiego samego procesu technologicznego (S–HF) i odstępu między szlakami operacyjnymi oraz takiej samej miąższości drzew różnice nie są duże, mianowicie w porównaniu z wydajnością przedstawioną przez BORT'A i in. (1993). Inne wyniki różnią się znacznie, mimo pewnego podobieństwa warunków pracy. Świadczy to o znacznej zmienności wyników.

W przypadku zrywki jest dosyć oczywiste, że wydajność forwardera jest 10 razy większą niż konia (przy odległości 300 m), ale jest ona także 2–3 razy większa niż skidera o podobnej mocy silnika. Uzyskana wydajność pracy forwardera jest zbliżona do podanej przez FORBRIG'A i in. (1996), przy odległości zrywki 400–500 m.

Odnosnie do uzyskanych kosztów pozyskiwania drewna trzeba zaznaczyć, że są one najmniejsze przy zastosowaniu metody sortymentowej z użyciem pilarki i forwardera (S–PF). Konkurencyjne dla metody całej strzały (C–PKP, C–PS<sub>w</sub>P, C–HS<sub>w</sub>P) jest także zastosowanie procesu realizowanego harwesterem i forwarderem (S–HF). Zastosowanie tego procesu jest racjonalne powyżej przeciętnej miąższości drzew 0,15 m<sup>3</sup>. W niektórych krajach europejskich proces ten jest opłacalny już przy znacznie mniejszych wymiarach drzew. Ma to miejsce np. w Finlandii (LILLENBERG 1995, TERÄVÄ 1994) i Niemczech (TEUTEBERG-RAUPACH 1995). Decyduje o tym wiele czynników. Największe znaczenie wydają się mieć relacje płac. Interesujące jest przy tym, że przedstawiony w tej pracy koszt pozyskiwania drewna przy zastosowaniu harwestera i forwardera w trzebieży jest podobny jak w Finlandii (LILLENBERG 1995). Stosunkowo niski koszt w Finlandii może być m.in. wynikiem dużego wykorzystania maszyn, sięgającego w przypadku harwestera 2500, a forwardera 1700 godzin w roku (KUITTO 1994). W innych krajach koszty są znacznie większe, np. w Niemczech (FORBRIG i in. 1996; TEUTEBERG-RAUPACH 1995) są one około dwu- trzykrotnie większe. Jest to zrozumiałe, biorąc pod uwagę, że różnice kosztów pozyskiwania drewna w trzebieżach między krajami Unii Europejskiej sięgają 200% (tab. 1). Przemawia to za potrzebą prowadzenia badań w krajowych warunkach przyrodniczych i ekonomicznych.

Wyniki pracy wskazują, że zmniejszenie odstępów między szlakami operacyjnymi wpływa na zmniejszenie kosztów przy zastosowaniu każdego procesu tech-

nologicznego. Różnice z tego tytułu okazały się jednak mniejsze niż podają BORT i in. (1993). Można to wytłumaczyć tym, że w tej pracy stosowano wariantowe odstępy między szlakami w ramach dokładnie takich samych procesów technologicznych. W badaniach przeprowadzonych w Niemczech (BORT i in. 1993), wraz ze zwiększeniem odstępów następowała zmiana procesu technologicznego (dwuetapowe pozyskiwanie drewna, włączenie dodatkowych operacji, np. dociągania drzew do szlaku), mając na uwadze, aby maszyny poruszały się wyłącznie po szlakach operacyjnych. Wpłynęło to na znacznie większe zwiększenie kosztów wraz ze wzrostem odstępów między szlakami. Zwiększyły się także uszkodzenia drzew. Wyniki badań BORT'A i in. (1993) dowodzą, że dwuetapowe pozyskiwanie drewna umożliwia zwiększenie odstępów między szlakami, ale znacząco podraża koszty i powoduje wzrost uszkodzeń drzew pozostających po trzebieży.

Wyniki badań krajowych, przeprowadzonych zgodnie z zakresem przedstawionym w niniejszym opracowaniu, wskazują także na istotny wpływ odstępów między szlakami operacyjnymi na uszkodzenia drzew i gleby (SUWAŁA 1995). Okazało się, że przy zastosowaniu procesu S-PF odstęp między szlakami 40 m jest zbyt duży i powinien wynosić około 30 m. Układ procesów technologicznych pod względem uszkodzeń jest zbieżny z ich układem pod względem kosztów pozyskiwania drewna. Ułatwia to wskazanie racjonalnych procesów technologicznych i odstępów między szlakami przy pozyskiwaniu drewna w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. Trzeba przy tym podkreślić, że zmniejszenie odstępów o 20 m wiąże się z koniecznością wycięcia dodatkowo, przeciętnie tylko jednego drzewa dorodnego na hektarze tych drzewostanów.

## 7. WNIOSKI I PROPOZYCJE

1. Opracowana i zastosowana w tej pracy formuła umożliwia obliczanie i porównywanie jednostkowych kosztów technicznych pozyskiwania drewna przy zastosowaniu różnych procesów technologicznych.

2. Procesy technologiczne i odstępy między szlakami operacyjnymi wpływają na zróżnicowanie wydajności pracy i kosztów pozyskiwania drewna w późnych trzebieżach w drzewostanach sosnowych.

3. Biorąc pod uwagę jednostkowy koszt techniczny, a także uszkodzenia drzew i gleby (na podstawie literatury), przy pozyskiwaniu drewna w późnych trzebieżach w drzewostanach sosnowych należałoby upowszechniać metodę sortymentową z użyciem pilarki i forwardera. Celowe byłoby przy tym stosowanie odstępów między szlakami operacyjnymi około 30 m.

4. W późnych trzebieżach w drzewostanach sosnowych staje się efektywne pozyskiwanie drewna metodą sortymentową z użyciem harwestera jednochwyt-



kowego i forwardera, jeżeli przeciętna miąższość ścinanych drzew przekracza  $0,15 \text{ m}^3$ . Obecnie konieczne jest przy tym stosowanie szlaków operacyjnych w odstępach około 20 m.

5. Racjonalne jest także stosowanie metody całej strzały ze ścinką i okrzyszowaniem pilarką i siekierą oraz zrywką konną — przy jej odległości do około 100 m. Biorąc pod uwagę możliwość zastosowania w następnych nawrotach cięć metody sortymentowej, należałoby wyznaczać szlaki w odstępach około 30 m. Przy zrywce konnej możliwe byłoby także stosowanie szlaków z odstępem około 60 m, należy się jednak liczyć z większym kosztem i uszkodzeniami drzew.

6. Duża zmienność jednostkowych kosztów pozyskiwania drewna, jak również ich relacji w zależności od poziomu technicznego pracy, między poszczególnymi krajami, przemawia za koniecznością prowadzenia badań w krajowych warunkach przyrodniczych i ekonomicznych.

Praca została przyjęta przez Komitet Redakcyjny 15 stycznia 1999 roku

## EFFICIENCY AND COST OF HARVESTING IN LATE THINNING OF SCOTS PINE STANDS

### Summary

The aim of the paper is to present the influence of technological processes and distances between operational strip roads on work efficiency and technical unit cost of wood harvesting as well as to indicate the most effective economic solutions in late thinning of pine stands. The research included 5 technological processes representing whole stem method and short wood method of thinning. In the whole stem method the felling and delimiting were followed by extraction and wood bucking by the road. In the short wood method the order of operations was as follows: felling, delimiting and bucking in logs (3.1; 4.1; 5.1 m.) and rollers (2.4 m.) on the cutting areas, then extraction. Technological processes differed with means of work, too. Chain saw, one grip harvester and horse, skidder and forwarder were applied, respectively. When applying technological processes with harvester in both methods distances between operational strip roads equalled about 20, 40 and 60 m. It was established that with distances 40 and 60 m the harvester could turn aside the marked tracks on the neighbourhood belts of stands using existing gaps between trees. In the case of remaining processes the distances were established as 40 and 60 m with the exception of felling processes with chain saw and forwarder, which were investigated with the distance of 40 m.

The research was carried out in six Scots pine stands (fresh coniferous forest type). The age of stands ranged from 59 to 92-year-old (mean 69-year-old). Average breast height diameter (DBH) before thinning was 20.3 cm and after thinning it increased to 21.5 cm. Average number of trees per ha was: before thinning 867 and after thinning diminished

to 692. Average amount of wood harvesting equalled  $25.12 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Average volume of felled trees amounted  $0.15 \text{ m}^3$ . Stands were divided at random on plots to harvest wood using particular technological processes and distances between strip roads.

The work efficiency in technological process ( $W_p$ ) was calculated as a quotient of day work time (480 min) and a sum of time consuming operation ( $P_o$ ) of its process (mach.-min/ $\text{m}^3$ )

$$W_p = \frac{480}{\sum P_o} \quad \text{m}^3/8 \text{ mach.-h}$$

The following formula was used to calculate the unit cost:

$$K_{to} = P_o \left[ \frac{Z(100\% + u + g)}{60t \times 100\%} + \frac{C(a + n) + C_1k + Tp(c_p j_p + c_o j_o)}{60T \times 100\%} \right] \quad [\text{zł/month}]$$

where:

$Z$  — month gross salaries

$u$  — rate of social insurance

$g$  — proportional index of the other costs

$C$  — price of new mean

$C_1$  — average price of mean during amortisation (to simplify the half price of the new mean was assumed)

$a$  — proportional rate of amortisation

$n$  — proportional cost index of repairs and spare parts

$k$  — rate of capital interest

$p$  — proportional time share of engine or horse work ( $T_{02}$ ) during a shift ( $T_{05}$ ),

$c_p, c_o$  — price of fuel or oat, oil price

$j_p, j_o$  — fuel, oat or oil consumption per hour

$t$  — number of work hours of mean in a month

$T$  — number of work hours of mean in a year

The data used for cost calculation is presented in table 2.

The smallest work efficiency achieved with application method of whole stem and with chain saw and horses — with 60 m of distance between operational tracks. It was  $6.10\text{--}3.59 \text{ m}^3/8 \text{ mach.-h}$  in dependence on extraction distance 100 — 300 m, respectively. The largest efficiency featured short wood method application carried out with harvester and forwarder and 20 m distance between strip roads. It was  $44.55\text{--}41.76\text{--}34.25 \text{ m}^3/8 \text{ mach.-h}$  in dependence of extraction distance 100 — 300 and 1000 m respectively.

Decreasing of distance by 20 m caused increasing of work efficiency by 3–13% depending on technological process. The most significant influence of distance between extraction roads occurred when short wood method was applied.

The smallest cost was characteristic for short wood method with 100 m extraction distance with chain saw and forwarder and distance between operational strip roads 30–40 m ( $26.92 \text{ zł/m}^3$ ). Higher cost occurred when the whole stem method was applied with chain saw and horse ( $29.66\text{--}34.71 \text{ zł/m}^3$ ) and 40–60 m of distance between strip roads, respectively. Similar cost was noted when the short wood method was applied with harvester and forwarder and about 20 m distance between strip roads ( $34.16 \text{ zł/m}^3$ ). The largest cost characterised the method of the whole stem with felling and delimiting with harvester, extraction and bucking with chain saw along road ( $47.73\text{--}55.47 \text{ zł/m}^3$ ) and for 20–60 m distance between operational strip roads, respectively. In the case of the extraction for 300 m the cost of short wood method with chain saw and forwarder was the smallest ( $28.63$

zł/m<sup>3</sup>). Larger cost occurred for the short wood method when harvester and forwarder were applied (35.71 zł/m<sup>3</sup> — with 20 m distance between operational strip roads). In the remaining processes the cost was distinctly larger (45.46–59.12 zł/m<sup>3</sup>, depending on the distance between operational strip roads. Decreasing of the distance between operational strip roads to about 20 m caused 5–15% of cost reduction depending on technological process. Basing on the above results the following conclusions were drawn:

1. The formula elaborated and applied in this work allows to calculate and to compare technical unit costs of wood harvesting for different technological processes.

2. Technological processes and distances between operational strip roads influence the differentiation of work efficiency and costs of wood harvesting in the late thinning of pine stands.

3. Taking into account the technical unit cost and also damage to tree and soil (based on the literature), occurring during wood harvesting in late thinning of pine stands, the short wood method with chain saw and forwarder should be recommended. Reasonable distance between operational strip roads should be about 30 m.

4. Applying the short wood method of harvesting with one grip harvester and forwarder becomes effective in late thinning of pine stands if the mean volume of cut trees exceeds 0.15 m<sup>3</sup>. At present, it is necessary to apply distance between operational strip roads about 20 m.

5. It is also rational to use method of the whole stem combined with felling and delimiting with chain saw as well as extraction with horse when its distance does not exceed 100 m. Taking into account the possibility of using short wood method in the next circulation period the strip roads should be planned c.a. every 30 m. It is also possible to use strip roads marked every 60 m, but the cost and damage to trees would be larger.

Transl. T. O.

## PIŚMIENNICTWO

- ARVIDSON A. 1995: National status report for Sweden. Harvesting Early Thinnings Cost Effectively: the Present and the Future. A report from the Concerted Action. Danish Forest and Landscape Institute: 361–365.
- BORT U., MAHLER G., PFEIL Chr. 1993: Mechanisierte Holzernte. Wechselwirkungen von Erchließungsdichte, Pflegelichkeit und Betriebserfolg. Forsttechnische Informationen, 11: 121–124.
- BOUVAREL L. 1995: National status report for France. Harvesting Early Thinnings Cost Effectively: the Present and the Future. A report from the Concerted Action. Danish Forest and Landscape Institute: 303–308.
- DALE O. 1995: National status report for Norway. "Harvesting Early Thinnings Cost Effectively: the Present and the Future". A report from the Concerted Action. Danish Forest and Landscape Institute: 350–352.
- FORBRIG A. 1994: Rückegassenabstände ein heißes Eisen. Forsttechnische Informationen, 6: 57–59.
- FORBRIG A., DUMMEL K., GEHRINGER M. 1996: Die Verfahren der Fachexkursion bei der 12. KWF-Tagung 1996. Durchforstung mit Kranvollernter bei 40 m Rückegassenabstand. AFZ-Der Wald, 8: 451–454.
- FRÖDING A: 1992. Beståndsskador vid gallring (Thinning damage to coniferous stand in Sweden). Sveriges Lantbruksuniversitet. Garpenberg.

- GRODECKI J., STEMPSKI W. 1996: Pozyskiwanie drewna w trzebieży z zastosowaniem nasiębiernych maszyn zrywkowych. *Przegląd Leśniczy*, 9: 4–6.
- GUGLHÖR W. 1993: Akzeptanzprobleme beim Einsatz von Kranvollerntern in der Durchforstung. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, 17: 892–895.
- JODŁOWSKI K. 1997: Proces technologiczny pozyskiwania drewna w trzebieżach wczesnych drzewostanów sosnowych. *Postępy Techniki w Leśnictwie*, 62: 30–36.
- KAMIŃSKI E. 1970: Nowoczesne metody pozyskiwania drewna. *Sylwan*, 12: 1–16.
- KAMIŃSKI E. 1982: Rola dróg w gospodarstwie leśnym. *Sylwan*, 5: 1–8.
- KOFMAN P.D. 1995: National status report for Denmark. *Harvesting Early Thinnings Cost Effectively: the Present and the Future. A report from the Concerted Action*. Danish Forest and Landscape Institute: 289–296.
- KUITTO P.J. 1994: Mechanized cutting and forest haulage in Finland. *Metsäteho (maszynopis)*.
- LILLENBERG R. 1995: National status report for Finland. *Harvesting Early Thinnings Cost Effectively: the Present and the Future. A report from the Concerted Action*. Danish Forest and Landscape Institute: 297–302.
- LINDROOS J., RAJAMÄKI J., ÖRN J. 1993: The costs of different harvesting systems in Finland. *Metsäteho, Helsinki (maszynopis)*.
- PORTER B. 1997: Techniczne, ekonomiczne i przyrodnicze aspekty zrywki drewna w sosnowych drzewostanach przedrębnych. Fundacja “Rozwój SGGW”, Warszawa.
- RZADKOWSKI S. 1995: Wydajność oraz koszty zrywki drewna forwarderem i przyczepą kłonicową agregatowaną z ciągnikiem rolniczym. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej*, 7: 8–10.
- RZADKOWSKI S. 1996: Wpływ operacji technologicznych na wydajność pracy i koszty pozyskania drewna małowymiarowego w cięciach pielęgnacyjnych w drzewostanach sosnowych. *Prace Inst. Bad. Leś., Ser. A*, 815: 38–79.
- SIREN M. 1991: An example of calculation the cost harvesting damage to the stand. *The Finnish Forest Research Institute, Helsinki (maszynopis)*.
- SUWAŁA M. 1995: Wpływ wybranych metod i środków pozyskiwania drewna na uszkodzenia nadziemnych części drzew oraz powierzchniowych warstw gleby w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. *Prace Inst. Bad. leś., Ser. A*, 786: 59–71.
- SUWAŁA M. 1996: Pozyskiwanie drewna metodą sortymentową. *Prace Inst. Bad. Leś., Ser. B*, 30: 63–76.
- SUWAŁA M. 1997: Proces technologiczny pozyskania drewna w późnych trzebieżach. *Postępy Techniki w Leśnictwie*, 62: 37–45.
- SUWAŁA M., JODŁOWSKI K., RZADKOWSKI S. 1997: Thinning in pine stands -mechanical damages and harvesting costs. *Workshop proceedings “New trend in thinnings”*. Forest Research Institute Slovakia and Joint FAO/ECE/ILO Committee on Forest Technology, Management and Training. Zvolen: 45–53.
- TERÄVÄ J. 1994: Development of wood harvesting in Scandinavia. *Symposium “Technologia i technika prac leśnych”*. Tleń (maszynopis).
- TEUTENBERG-RAUPACH A. 1995: National status report for Germany. “*Harvesting Early Thinnings Cost Effectively: the Present and Future*”. A report from the Concerted Action: 309–318.
- WIĘSIK J. 1997: Technologiczne i ekonomiczne problemy wyboru wykonawcy prac leśnych. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej*, 1: 20–22.
- WIĘSIK J., KOWALSKI K. 1997: Efekty zrywki drewna krótkiego i długiego ciągnikiem uniwersalnym Ursus 3514. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej*, 1: 17–19.