

TADEUSZ MOSKALIK

## Rozwój technik i technologii maszynowego pozyskiwania drewna

Development of techniques and technologies  
for machine wood harvesting

**Abstract.** The aim of this paper is to present the progress in the development of techniques and technologies concerning wood harvesting machines with special reference to Polish conditions. The development of techniques in this respect consists of several stages. Wood was manually harvested with simple tools until the mid of the 50s of the 20<sup>th</sup> c. From that time an intensive development of chain saws has been observed and chain saws are widely used in forest practice. Currently, a manual-machine wood harvesting in Poland approximates 99%. A remarkable development of harvesting machines for both felling trees and wood processing (harvesters) has been noted for the last 20 years. The amount of harvesters in European countries is estimated for more than 6500.

**Key words:** machines, wood harvesting, feller, processor, harvester, harwarder

### Wstęp

Użytkowanie lasu, w tym pozyskiwanie surowca drzewnego, towarzyszy ludzkości już od zarania dziejów. Przez cały jednak ten okres nieustannie zmieniają się formy oddziaływania człowieka na las. Dotyczy to zwłaszcza okresu po II wojnie światowej, kiedy na szeroką skalę wprowadzane były do produkcji leśnej różnego rodzaju środki techniczne zmierzające do częściowej lub pełnej mechanizacji prac.

Przez setki lat drzewa były ścinane i obrabiane z wykorzystaniem siekier i pił ręcznych. Dopiero w połowie lat pięćdziesiątych dwudziestego wieku nastąpił w tej dziedzinie znaczący przełom, gdyż narzędzia ręczne ustąpiły miejsce pilarkom spalinowym, początkowo dwuosobowym, a następnie jednoosobowym. Pierwsze próby wprowadzania pilarek spalinowych do lasu rozpoczęto w początkowych latach dwudziestego wieku. W krajach skandynawskich w roku 1916 pojawiły się pilarki łańcuchowe Arbor, Gerber i Sektor. Również w Niemczech produkowane były pilarki firm Stihl oraz Dolmar. W roku 1926 ostatnie dwie wymienione firmy zaczęły intensywnie eksportować swoje wyroby także na rynek Ameryki Północnej. Począwszy od tego okresu rozpoczyna się etap intensywnego wprowadzania do lasu różnych maszyn, które wymuszały również określone zmiany w technologiach pozyskiwania drewna.

## Metodyka

- Dokonano przeglądu podstawowych maszyn i urządzeń oraz związanych z nimi technologii, mających związek z pozyskiwaniem drewna.
- Zebrano dane literaturowe dotyczące wydajności pracy i na tej podstawie określono przydatność maszyn w procesie pozyskiwania drewna.
- Na podstawie założeń zrównoważonego rozwoju lasów oceniono potencjalną przydatność analizowanych maszyn i technologii w polskich warunkach.

## Rozwój technik i technologii

W Polsce pierwsze pozytywne próby z pilarkami Sektor wykonane zostały w roku 1921. Niemniej jednak dynamiczny rozwój we wprowadzaniu tych urządzeń do prac pozyskaniowych nastąpił po roku 1950. Powszechnie kolejno używane były pilarki dwuosobowe Dolmar CL, MP-50, jednoosobowe Be-Bo, Partner R-11 oraz polskie BK i PS. Obecnie na rynku polskim spotkać można oferty prawie wszystkich firm zajmujących się produkcją tego typu sprzętu. Największe znaczenie odgrywają jednak dwie firmy: szwedzka Husqvarna oraz niemiecki Stihl.

Dzięki wprowadzeniu na szeroką skalę pilarek spalinowych możliwa stała się mechaniczna ścinka drzewa, jego okrzesanie i przerzynka. Tak przygotowane drewno było gotowe do zrywki wykonywanej głównie z wykorzystaniem koni, ciągników rolniczych bądź ciągników specjalistycznych np. skiderów, które pojawiły się na rynku europejskim pod koniec lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Osiągana wydajność pracy z wykorzystaniem pilarek spalinowych była zróżnicowana i zależała w głównej mierze od warunków drzewostanowych oraz pozyskiwanych sortymentów. Wydajność pracy z użyciem obecnie produkowanych pilarek kształtuje się na poziomie 1-2 m<sup>3</sup>/godz.

Dawniej właśnie pozyskanie drewna pilarkami spalinowymi nazywane było terminem "pozyskiwanie mechaniczne". Zgodnie z dzisiejszą terminologią określającą stosowane w leśnictwie poziomy techniki ten sposób pozyskania i wyróbki drewna zaliczany jest do prac wykonywanych na poziomie ręczno-maszynowym. Pod pojęciem maszynowe pozyskiwanie drewna rozumie się obecnie stosowanie różnego rodzaju, najczęściej samojezdnych maszyn służących do ścinki i dalszej obróbki pozyskanego surowca. Zaznaczyć w tym miejscu należy, że niektóre procesy technologiczne mogą być zmechanizowane tylko częściowo. Maszynowo może zostać wykonana tylko jedna operacja obróbcza, na przykład ścinka. Pozostałe operacje w takim procesie technologicznym wykonuje robotnik wyposażony w pilarkę spalinową.

Znaczną innowacją w rozwoju pozyskiwania drewna było wprowadzenie ścinarek i maszyn ścinkowo-układających. Początkowo wyposażone były one głównie w głowice nożowe. Głowice te jednak po stosunkowo niedługim czasie zostały zamienione głowicami z piłami obrotowymi bądź z piłami łańcuchowymi. Ścinały one bowiem drzewa w znacznie krótszym czasie, nie wyrządzając jednocześnie szkód związanych z pęknięciami drzew w części odziomkowej. Maszyny te (ang. feller-buncher) po ścinie układają drzewa na ziemi, które dalej są obrabiane na miejscu za pomocą pilarki spalinowej lub procesora, albo też

są zrywane do składnicy, najczęściej z wykorzystaniem skiderów chwytakowych (ang. grapple skidder), gdzie następuje dalsza obróbka drewna. Godzinowa wydajność pracy maszyn ścinkowo-układających wynosi około 35 m<sup>3</sup> (Favreau, Gingras 1998). Procesy te mogą być również w pełni zmechanizowane. Po raz pierwszy mechanizacja prac w takim systemie miała miejsce w Kanadzie w roku 1965; firma Logging Research Associates zastosowała maszynę ścinkowo-zrywkową LogAll wraz z procesorem Arbomatik.

Należy podkreślić, iż w zakresie rozwoju maszyn ścinkowo-układających zrobiono dużo także w Polsce. W latach siedemdziesiątych pracowało u nas około 90 maszyn konstrukcji prof. J. Więsiaka z Zakładu Mechanizacji Leśnictwa SGGW. Nowatorskie rozwiązanie głowicy nożowej ND-600 zamontowanej na ładowarce czołowej Ł 34 (ok. 30 sztuk) oraz mniejszej, trzebieżowej głowicy N-5 montowanej na ciągniku rolniczym (ok. 60 sztuk) pozwalało na znaczne zwiększenie wydajności pracy. Dalszą obróbką drewna zajmowali się najczęściej drwale wyposażeni w pilarki spalinowe.

Maszyny ścinkowo-układające znajdują na świecie w dalszym ciągu szerokie zastosowanie. Najwięcej ich jest w krajach Ameryki Północnej. W tamtym rejonie, w porównaniu z Europą, zdecydowanie większy udział zajmuje pozyskiwanie w systemie całego drzewa (Full-Tree System). W warunkach kanadyjskich na przykład systemem tym pozyskuje się ponad 60% surowca drzewnego (Favreau, Gingras 1998). Dodać w tym miejscu należy, iż system ten jest na świecie dominujący. Tym sposobem pozyskuje się w dalszym ciągu około 50% drewna przemysłowego. W granicach 30% drewno pozyskiwane jest w systemie drewna długiego (Tree-Length System), a tylko 20% w systemie drewna krótkiego (Short Wood System), o długościach około 6 m i mniej. Cechą charakterystyczną systemu SWS jest to, że obróbka drewna odbywa się w miejscu jego śinki. W literaturze zachodniej spotykana jest także inna nazwa wyrobki drewna tym sposobem, mianowicie Cut-to-Length System (CTL). Analizując ogólnosiwiatową sprzedaż maszyn leśnych wykorzystywanych przy pozyskiwaniu drewna zauważyć można, iż w dalszym ciągu dominującą rolę odgrywają maszyny pracujące w systemie FTS. Zestawy takich maszyn bazują najczęściej na maszynach ścinkowo-układających, skiderach i okrzesywarkach lub procesorach. Rynek środków technicznych wykorzystywanych w systemie SWS (harwestery, ewentualnie procesory oraz forwardery) jest obecnie o około połowę mniejszy, wykazując corocznie stałą, wyraźną dynamikę wzrostową.

Pierwsze próby wprowadzania środków technicznych stanowiących uzupełnienie maszyn ścinkowo-układających, dających możliwość pełnej mechanizacji prac w zakresie pozyskiwania drewna, sięgają połowy lat sześćdziesiątych XX wieku. Wtedy to bowiem do produkcji leśnej zastosowano maszynę okrzesywająco-przerzynającą, zwaną także procesorem (ang. processor). Do pierwszych procesorów zaliczyć należy amerykański Arbomatik, szwedzki VSA Brunett, czy też Pike 50 montowaną na Valmecie. W krajach europejskich rozwój i produkcja procesorów trwała jednak dosyć krótko, będąc obecnie w fazie zaniku. Dotyczy to zwłaszcza głowic dużych. Były one w swoim czasie ogniwem pośrednim, stanowiąc punkt wyjścia do budowy maszyn łączących w sobie możliwość wykonywania śinki, okrzesywania i przerzynki drzew, czyli harwesterów (nazywanych czasami kombajnami zrębowymi, ang. harvester, feller-processor). W dalszym ciągu produkowane są natomiast procesory z mniejszymi głowicami na bazie ciągników rolniczych, które mają zastosowanie przy wykonywaniu prac trzebieżowych (Drusha K. Konttinen H. 1997).

Intensywne prace nad pełnym umaszynowaniem prac trwały także w krajach byłego Związku Radzieckiego. Na dużych zrębach zupełnych stosowano często maszyny ścinkowo-pakietujące ŁP-19 bądź ścinkowo-zrywkowe ŁP-49, w zestawie z okrzesywarkami ŁP-33 lub ŁP-30W. W chwili obecnej do ścinki i zrywki drewna wykorzystywane są ŁP-58-01. Wydajność pracy maszyny ŁP-19 wynosi, przy średniej miąższości pojedynczej strzały  $0,5 \text{ m}^3$ , około  $130 \text{ m}^3/\text{godz}$ . W przypadku zastosowania maszyny ścinkowo-zrywkowej, przy odległości zrywki do 300 m wydajność pracy wynosi  $20 \text{ m}^3/\text{godz}$ . Wydajność okrzesywania drzew, z wykorzystaniem maszyny ŁP-33, jest również bardzo wysoka osiągając  $80 \text{ m}^3/\text{godz}$ .

W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych podejmowano także w Polsce próby pełnej mechanizacji procesu pozyskiwania drewna w systemie maszyna ścinkowo-układająca oraz procesor. W roku 1978 sprowadzono 2 procesory firmy Kockums (Logma 85-41 oraz GP-822) oraz procesor Valmet 448. Zestaw ND-600 i Logma 85-41 pracował z dużym powodzeniem przy wylesianiu terenów pod kopalnię węgla brunatnego w Bełchatowie. Rok później przeprowadzono próby z procesorem Ösa 705/260. W roku 1985 Lasy Państwowe zakupiły głowicę procesorową Lokomo 750, którą zamontowano na ładowarce Ł 220. Maszyna ta przez dłuższy czas pracowała na terenie nadleśnictw: Dąbrowa i Solec Kujawski. W 1987 r. sprowadzono do Polski, do Nadleśnictwa Człuchów, procesor Steyr KP 40 na maszynie bazowej LKT 120. Przeciętna wydajność pracy procesora Lokomo 750/Ł220 wynosiła na zrębach zupełnych  $93 \text{ m}^3$ /dzień pracy, a w trzebieżach  $21 \text{ m}^3$ . Natomiast procesor Steyr KP-40 wyrabiał odpowiednio  $63$  i  $17 \text{ m}^3$ /dzień pracy (Komorowski i inni 1991).

Podejmowano również próby pełnej mechanizacji procesu pozyskiwania w trzebieżach, gdzie stosowano głowicę ścinkową N-3 (poprzednik N-5), kleszcze zrywkowe oraz niemiecką okrzesywarkę EA-35. Wydajność pracy w takim łańcuchu technologicznym, przy 7-osobowej obsłudze, wynosiła  $2,5 \text{ m}^3/\text{osobę}/\text{dzień}$  (Kosicki i inni, 1977). Zaznaczyć jednak należy, że o ile maszyny wyposażone w głowicę ND-600 pracowały w naszych lasach z dosyć dużym powodzeniem, to głowice N-5 wykorzystywane były w mniejszym zakresie, głównie ze względu na kłopoty z układem hydraulicznym.

W pełni zmechanizowane pozyskiwanie drewna w krajach skandynawskich w latach siedemdziesiątych XX wieku oparte było na systemie trzech maszyn: maszyna ścinkowo-układająca – procesor – forwarder. Od początku lat osiemdziesiątych rolę dominującą odgrywają natomiast systemy bazujące na harwesterach i forwarderach.

Początki rozwoju harwesterów sięgają połowy lat sześćdziesiątych ubiegłego stulecia. Pierwsze prototypy tego rodzaju maszyn np. Hahn Harvester pojawiły się w roku 1966 w Stanach Zjednoczonych. Jednak technika harwesterowa, oparta na systemie SWS rozwinęła się najsilniej w krajach skandynawskich, zwłaszcza w Szwecji oraz w Finlandii. Jednym z pierwszych harwesterów była maszyna Pika 72, która wprowadzona została do produkcji w roku 1972. Dynamiczny rozwój tego typu maszyn nastąpił jednak dopiero po roku 1980. Początkowo większość z nich pracowała prawie wyłącznie w Skandynawii. W Niemczech na przykład pierwszy harwester zakupiony został w roku 1987.

Zależnie od tego jak umiejscowione są głowice obróbcze wyróżnić możemy harwestery dwu- oraz jednochwytakowe. W przypadku maszyn dwuchwytakowych jedna z głowic,

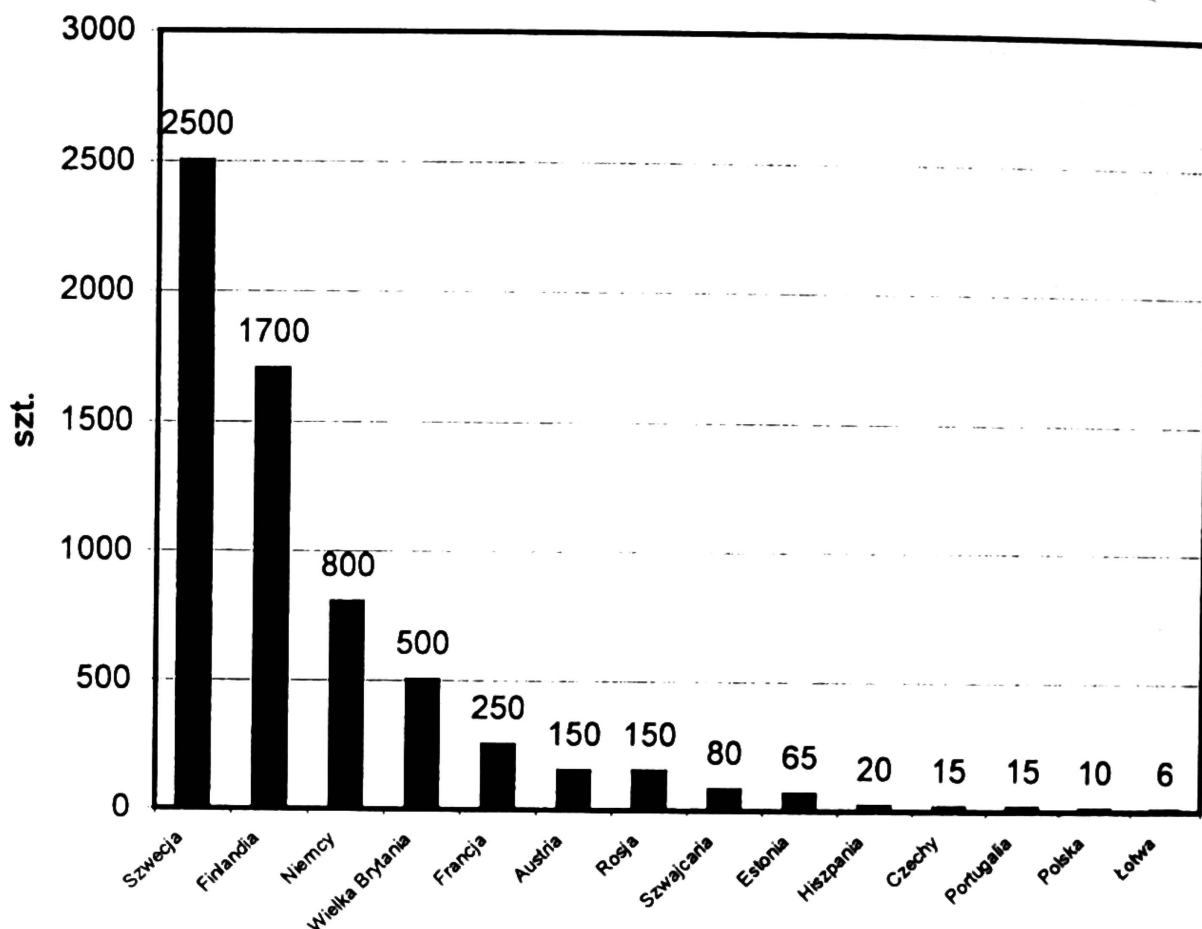


zamontowana na wysięgniku ścina drzewa, przekazując je na głowicę procesorową. W harwesterach jednochwytakowych mamy do czynienia tylko z jedną głowicą obróbczą. Zależnie od tego czy jest ona zamontowana na specjalnej ramie, czy też na wysięgniku wyróżniamy harwestery wąsko- bądź szerokopasmowe. Pierwszym harwesterem jednochwytakowym w Europie była maszyna firmy Silva Nova – SP21, która pojawiła się na rynku w roku 1983.

W Polsce można określić, że zastosowanie technik harwesterowych jest w dalszym ciągu w fazie początkowej. Pomimo pracujących obecnie 10 harwesterów maszynowo pozyskuje się nie więcej niż 1% drewna. Pierwsze harwestery rozpoczęły pracę w roku 1987, kiedy to kupiono 3 maszyny Makeri 34T. Pracowały one w nadleśnictwach: Dretyń, Międzychód oraz Pniewy. Przeznaczone były one wyłącznie do drzewostanów trzebieżowych. Jednak ze względu na dużą awaryjność i wyrządzane znaczne szkody w drzewostanie stosowano je stosunkowo krótko. W roku 1990 zakupiono głowicę harwesterową Lokomo 750H. Zamontowano ją na polskiej jednostce bazowej – ładowarce Ł 220. Obecnie maszyna ta jest w posiadaniu osoby prywatnej i po dokonanej remoncie harwester ten pracuje na terenie Nadleśnictwa Kwidzyń. W roku 1992 Lasy Państwowe sprowadziły do Polski harwester FMG 990/756, przeznaczając go do pracy do Nadleśnictwa Dąbrowa. Maszyna ta po okresie amorytyzacji, w roku 1999 została sprzedana osobie prywatnej. W roku 1996 Nadleśnictwo Skrwilno zakupiło harwester Valmet 911. Jednostka ta z dużym powodzeniem pracuje tam do chwili obecnej. W tym samym roku rozpoczęły pracę także dwa harwestery Timberjack 1270B. Jedną z maszyn skierowano do Nadleśnictwa Gidle, drugą zaś do Nadleśnictwa Solec Kujawski. W roku 1999 harwester z Solca przekazano Nadleśnictwu Dąbrowa. Osiągane wydajności pracy z wykorzystaniem harwesterów zależne są od wielu czynników. Decydującą rolę odgrywają warunki drzewostanowe, pozyskiwane sortymenty oraz wyszkolenie operatora. W przypadku drzewostanów trzebieżowych wydajność pracy wynosi od 5 do 15 m<sup>3</sup>/godz. W drzewostanach rębnych wydajność jest wyższa osiągając nawet 30 m<sup>3</sup>/godz. W roku 2001 ZUL z Wejherowa zakupił nowy harwester trzebieżowy Timberjack 770. Pozostały sprzęt firm Timberjack, Valmet i Rottne są jednostkami o różnym, najczęściej znacznym stopniu zużycia.

Największe znaczenie w produkcji harwesterów odgrywają obecnie takie firmy jak Timberjack, Valmet, Rottne, Caterpillar, czy Nokka. Szacunkowa ilość harwesterów w wybranych krajach europejskich w roku 2001 przedstawiona została na wykresie.

Pozyskiwanie maszynowe w systemie SWS znajduje coraz większe uznanie także w krajach Ameryki Północnej. Technologia ta została zapoczątkowana we wschodnich częściach Kanady. Doceniana jest ona jednak coraz bardziej w pozostałych częściach kraju oraz w Stanach Zjednoczonych. Maszyny stosowane w tym systemie charakteryzują się bowiem wieloma zaletami. Dzięki obróbce drewna harwesterem praktycznie wszystkie części odczubowe wraz z gałęziami pozostają w lesie, dzięki czemu znaczna część składników pokarmowych zawartych w drzewach może być ponownie wprowadzona do obiegu. Pozostawione części organiczne chronią jednocześnie glebę przed jej ugniataniem i tworzeniem się kolein, mogących nastąpić na skutek przejazdu maszyn. Harwestery umożliwiają dostawę surowca na bieżąco "just in time", co jest ważne przy całorocznym pozyskaniu surowca. Zrywka drewna w takim procesie najczęściej odbywa się nasiębiernie z



RYC. Liczba harwesterów w wybranych krajach europejskich (stan na rok 2000)

wykorzystaniem forwadera. Przyjęcie tego rozwiązania technologicznego eliminuje jednocześnie tworzenie dużych składnic drewna.

Jednym z ostatnich rozwiązań technicznych w zakresie maszynowego pozyskiwania drewna jest produkcja maszyn łączących w sobie cechy zarówno harwesterów i forwaderów. Maszyny te nazywane harwarderami zajmują się ścinką drewna, jego obróbką oraz zrywką. Pierwsze próby z harwarderami wykonywano już w połowie lat osiemdziesiątych. W roku 1984 zamontowano głowicę Valmet 935 na bazie forwadera Valmet 862. W chwili obecnej produkowane są harwardery Valmet 801 Combi oraz Pika 828S. Według zapewnień producentów koszty pozyskiwania drewna tymi środkami technicznymi są niższe w porównaniu z innymi w pełni zmechanizowanymi technologiami.

Wszystkie produkowane w chwili obecnej harwestery wyposażone są w komputery pokładowe, odpowiadające za sprawną pracę maszyn. Większość z nich zawiera opcję optymalizacji rozkrojów drewna. Istnieje także możliwość montażu systemu GPS, który odpowiada za lokalizowanie maszyny w drzewostanie. Użytkowanie zasobów leśnych zgodnie z wymaganiami zrównoważonego rozwoju lasów jest jednym z podstawowych celów leśnictwa. Pod tym względem przestrzeganie zasad użytkowania lasu jest bardzo istotne. Współcześnie produkowane harwestery i harwardery są w stanie spełnić te wymagania, wykonując pracę efektywnie, przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa pracy oraz małym stopniu uszkodzenia pozostającego drzewostanu.

## Podsumowanie

Pozyskiwanie surowca drzewnego związane jest nierozdzielnie z rozwojem cywilizacyjnym. Przez długi czas ścinka i dalsza obróbka drewna wykonywane były z wykorzystaniem prostych narzędzi ręcznych. Dopiero około roku 1920 do produkcji leśnej zaczęto wprowadzać pierwsze pilarki spalinowe. Szerokie zastosowanie w naszych lasach znalazły one dopiero od połowy lat pięćdziesiątych dwudziestego wieku.

Dalszy postęp prac konstrukcyjnych doprowadził do budowy i zastosowania w leśnictwie maszyn służących do wykonywania pojedynczych operacji obróbczych związanych ze ścinką i wyróbką drewna. Ostatnie dwadzieścia lat charakteryzuje się intensywnym wykorzystaniem maszyn wielooperacyjnych, takich jak procesory i harwestery. Szczególnie duży przyrost obserwowany jest w przypadku harwesterów, których pracuje w Europie już ponad 6500 sztuk. Ilość drewna pozyskiwanego maszynowo jest w poszczególnych krajach zróżnicowana. Najwięcej drewna pozyskiwanego maszynowo w systemie drewna krótkiego, ponad 90%, obserwuje się w krajach skandynawskich. W Polsce natomiast dziesięcioma harwesterami pozyskiwane jest nie więcej niż 1% drewna.

Współcześnie produkowane maszyny wykorzystywane przy pozyskaniu drewna są w stanie spełnić wymagania dotyczące zrównoważonego rozwoju lasów. Są one również zaprojektowane tak, aby wykonywać pracę efektywnie, przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa pracy oraz niskim stopniu uszkodzania pozostającego drzewostanu.

*Katedra Użytkowania Lasu  
Wydział Leśny SGGW  
ul. Rakowiecka 26/20, 02-528 Warszawa  
e-mail: moskalik@delta.sggw.waw.pl*

## Literatura

- Drusha K., Konntinen H.** 1997: Tracks in the forest. The Evolution of Logging Machinery. Timberjack Group. Helsinki.
- Favreau J., Gingras J.-F.** 1998: An Analysis of Harvesting Costs in Eastern Canada. Feric, Special Report SR-129.
- Komorowski J., Suwała M., Szuba T.** 1991: Proces technologiczny pozyskiwania drewna z zastosowaniem procesora chwytakowego. Pr. IBL Ser. B 1991 nr 11 s. 39-50.
- Kosicki K., Kowalski J., Więsik J.** 1977: Komplexe Mechanisierung der Durchforstung in Polen. Holz-Zentralblatt nr 120. Stuttgart.
- Winogarrow G. K.** 1986: Technologia lesosiecznych robot. Lesnaja Promysliennost.

*Opracowanie wykonano w ramach grantu KBN nr PB 0148/P06/00/19.*

## **Summary**

### **Development of techniques and technologies for machine wood harvesting**

Wood harvesting is strictly connected with the development of civilisation. For a long time, simple manual tools were used for felling trees and wood processing. First chain saws were used in forest practice as late as in 1920. A wide use of chain saws in our forests has been observed from the mid 50s of the 20<sup>th</sup>c.

Further progress in machine construction has led to the implementation in forestry of one-operational machines connected with felling and wood processing. Multi-operational machines such as processors and harvesters have been intensively used for the last 20 years. The number of harvesters in European countries is particularly high and is estimated for more than 6500. The greatest amounts (more than 90%) of machine-harvested trees in a short-wood (cut-to-length) method are recorded in Scandinavian countries. In Poland, however, the wood volume harvested with 10 harvesters amounts to less than 1%.

The modern harvesting machines are able to meet the principles of sustainable development of forests. The machines are designed in a way as to ensure effectiveness and work safety and to reduce damage to stands.