

WALDEMAR GIL

Zrywka drewna ciągnikami forwarder w ujęciu kodeksu praktyk pozyskaniowych

Wood skidding with forwarders as codified
in the code of harvesting practices

Wprowadzenie

Forwardery są maszynami zrywkowymi, które dźwigają ładunek drewna całkowicie bez jego kontaktu z gruntem, bezpośrednio na swym korpusie (starsze modele) lub na przyczepie. Ponieważ ładunek nie posiada bezpośredniego kontaktu z gruntem, stąd generalnie forwardery powodują mniej szkód glebowych niż sprzęt zrywkowy wykonujący zrywkę wleczoną lub podwieszoną. W obecnej dobie rosnącej świadomości szkód ekologicznych, szczególnie szkód zrywkowych, ciągnik forwarder uważany jest za urządzenie względnie bezpieczne dla środowiska, pod warunkiem jednak stosowania maszyn nowoczesnych gwarantujących bezpieczeństwo najnowszych rozwiązań konstrukcyjnych dostosowanych do rygorystycznych wymagań ergonomicznych, a także planowanie operacji zrywkowych pod kątem zmniejszenia ryzyka szkód w środowisku leśnym.

Cel i zakres pracy

Praca ma charakter studium współczesnych praktyk zrywkowych z wykorzystaniem ciągników forwarder*. W niniejszym artykule analizą objęto jedynie specjalne, leśne ciągniki zrywkowe zwane forwarderami. Celem pracy jest wskazanie na niektóre aktualne osiągnięcia w zakresie budowy tych maszyn, jak też sugestie pewnych zaleceń co do optymalnych praktyk zrywkowych z wykorzystaniem coraz popularniejszych forwarderów. Kolejnym celem studium jest przedstawienie polskim leśnikom prowadzonych na świecie działań zmierzających do ujęcia praktyk leśnych w pewne kodeksy postępowania z wykorzystaniem już istniejących rozwiązań modelowych, takich jak przykładowo kodeksy leśnych praktyk pozyskaniowych (np. Kodeks FAO) [2].

*W literaturze anglojęzycznej pojęcie forwarding oznacza zrywkę ładunku bez kontaktu z gruntem dokonywaną różnymi środkami, a więc zarówno ciągnikiem specjalistycznym, jak i ciągnikiem rolniczym z przyczepą.

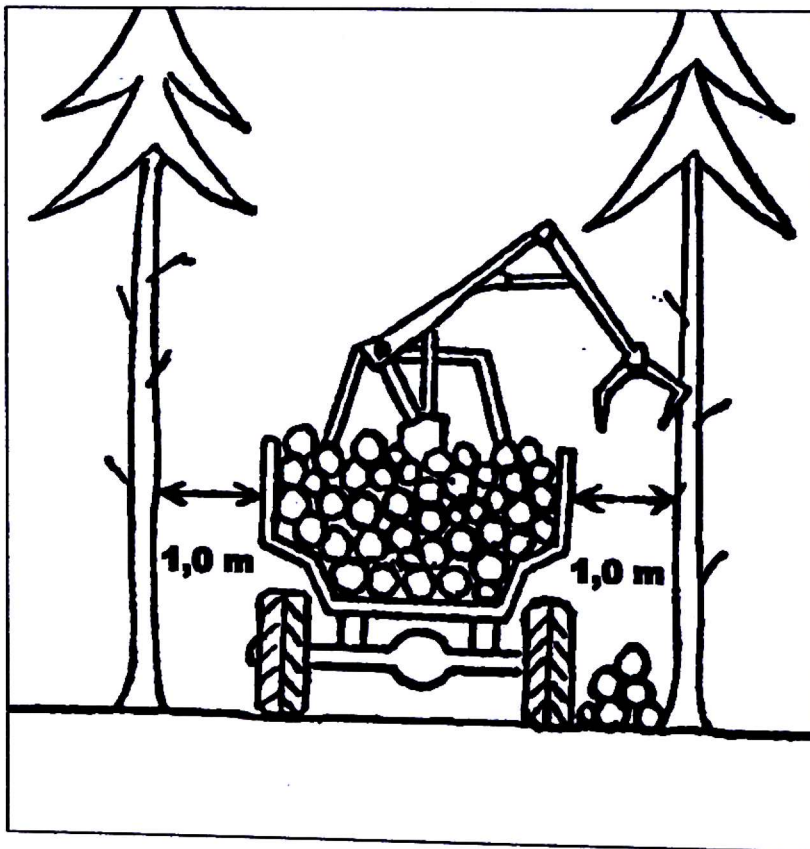
Praktyki zalecane przy zrywce forwarderami

Forwardery najlepiej spełniają swoje zadanie, gdy kłody drewna są w przybliżeniu jednorodnie jeśli idzie o wymiary. Standardowa długość transportowanego drewna wynosi 5-6 m. Zapewnia to optymalne wykorzystanie udźwigu maszyny i stateczność podłużną. Przekraczanie tych wymiarów prowadzi zarówno do szkodliwego przeciążania maszyny, jak i ryzyka utraty stateczności podłużnej, a w rezultacie unoszenie przedniej części ciągnika uniemożliwiające kontynuację operacji zrywki [7].

W porównaniu ze skidderami do zrywki wleczonej lub podwieszanej odległość zrywki ma mniejszy wpływ na wydajność forwarderów. Zatem typowo, ekonomiczna odległość zrywkowa jest dwa do czterech razy większa od odległości dotyczącej sprzętu do zrywki wleczonej lub półpodwieszanej. Tak więc, jeśli stosuje się forwardey zamiast skidderów, gęstość dróg wywozowych wymagana w lesie może być znacznie zmniejszona.

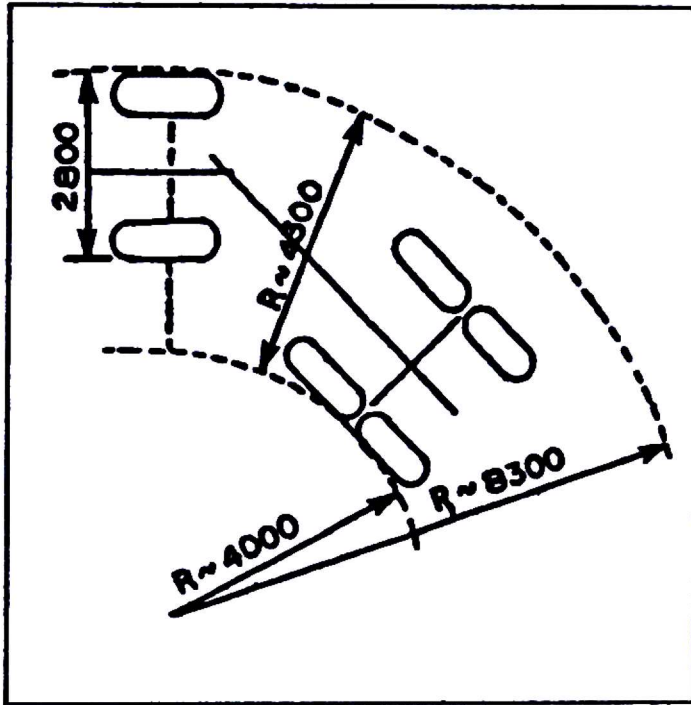
Forwardery wymagają nieco lepszych szlaków niż skiddey, ponieważ ładunek musi być utrzymywany we względnie poziomej pozycji dla uniknięcia przechylenia. W terenie nachylonym, szlaki dla forwardera powinny przebiegać prostopadle do warstwic.

Pniaki i podszyty na szlaku powinny być ścięte równo z powierzchnią gruntu, a wycięte krzaki i odpady zrębowe należy rozrzucić na szlaku, aby pomóc w ochronie gleby. Umiarkowana ilość operacji za pomocą lemiesza spycharki jest niezbędna, jeśli planuje się jeżdżenie forwarderów wzdłuż warstwic. Generalnie jest niebezpieczne używanie ich na szlakach o spadkach przekraczających 30-40% (17° do 22°) [2].



RYC. 1. Bezpieczna szerokość szlaku zrywkowego przy zrywce forwarderem

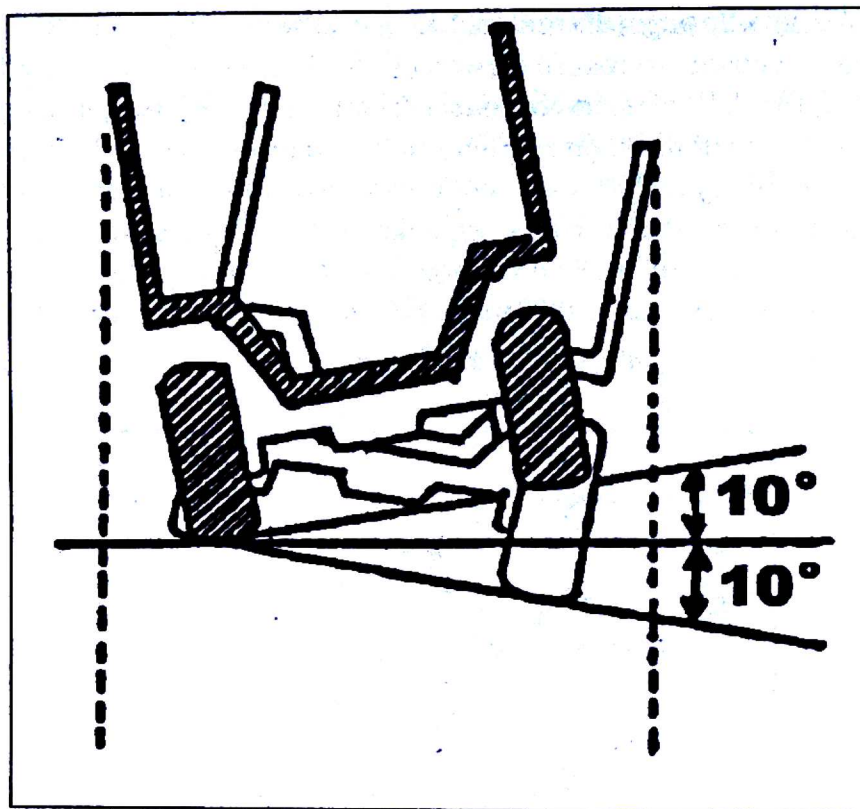
Szerokość szlaku zrywkowego, dla minimalizacji uszkodzania przez żuraw drzew pozostających, powinna stanowić szerokość forwardera + ok. 2 m (po ok. 1 m z każdej strony maszyny) (ryc. 1) [3, 4]. W niektórych modelach i w przypadku forwarderów i harwesterów z ramą przegubową, wydłużono ramę tylną i zwiększono rozstaw osi. W tej sytuacji punkt skrętu znajduje się bliżej osi przedniej niż tylnej i wówczas koła tylne nie posuwają się dokładnie śladem kół przednich. Jeśli przypadkowo (ryc. 2) rozstaw osi wynosi 2,92 m a punkt przegubu znajduje się 1,19 m od przedniej osi, różnica promieni skrętu między przednim i tylnym kołem wyniesie 0,18 m dla kąta skrętu 35° , co oznacza także konieczność poszerzenia szlaku zrywkowego na ciasnym łuku [13].



RYC. 2. Wpływ zwiększonego rozstawu osi i przesunięcia przegubu w kierunku przodu na poszerzenie pasa drogi zajmowanego przez ciągnik forwarder przy skręcie

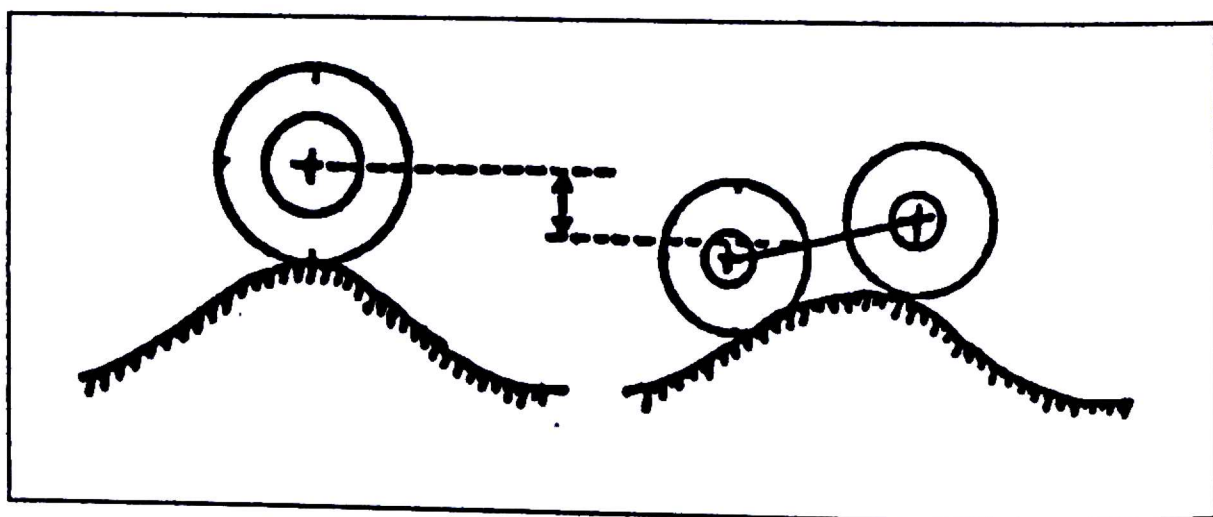
Z drugiej strony, jeśli szlak zrywkowy staje się zbyt "szeroki" rośnie średnica gałęzi drzew sąsiadujących z nim (przynajmniej zarówno dla świerka jak i sosny), co oznacza większy przyrost, ale złą jakość drzew brzegowych wzdłuż drogi (tzw. efekt brzegowy). Występowanie tyłców gałęzi, pęknięć pnia i wadliwy kształt pnia rosną także ze wzrostem odstępów między drzewami. Tak więc z punktu widzenia jakości drewna ważnym jest utrzymywanie jak najmniejszych przecinek przeznaczonych na szlaki udostępniające drzewostan. Z tego punktu widzenia szlaki powinny być możliwie nie szersze niż 2-2,5 m [16].

Po uniesieniu boku forwardera i przechyleniu go, oddziaływanie może nie być wielkie na przód maszyny, jeśli jest ona wyposażona w oś z belką wleczoną lub oś wychylną, ale przechył boczny może zwiększyć szerokość operacyjną o jedną czwartą [5]. Na stoku o nachyleniu 10° w górę lub dół, przechył może zwiększyć szerokość operacyjną forwardera aż o 36% (ryc. 3) [13].



RYC. 3. Wpływ poprzecznego pochylenia szlaku zrywkowego oraz oddziaływanie przeszkód na szerokość operacyjną forwardera

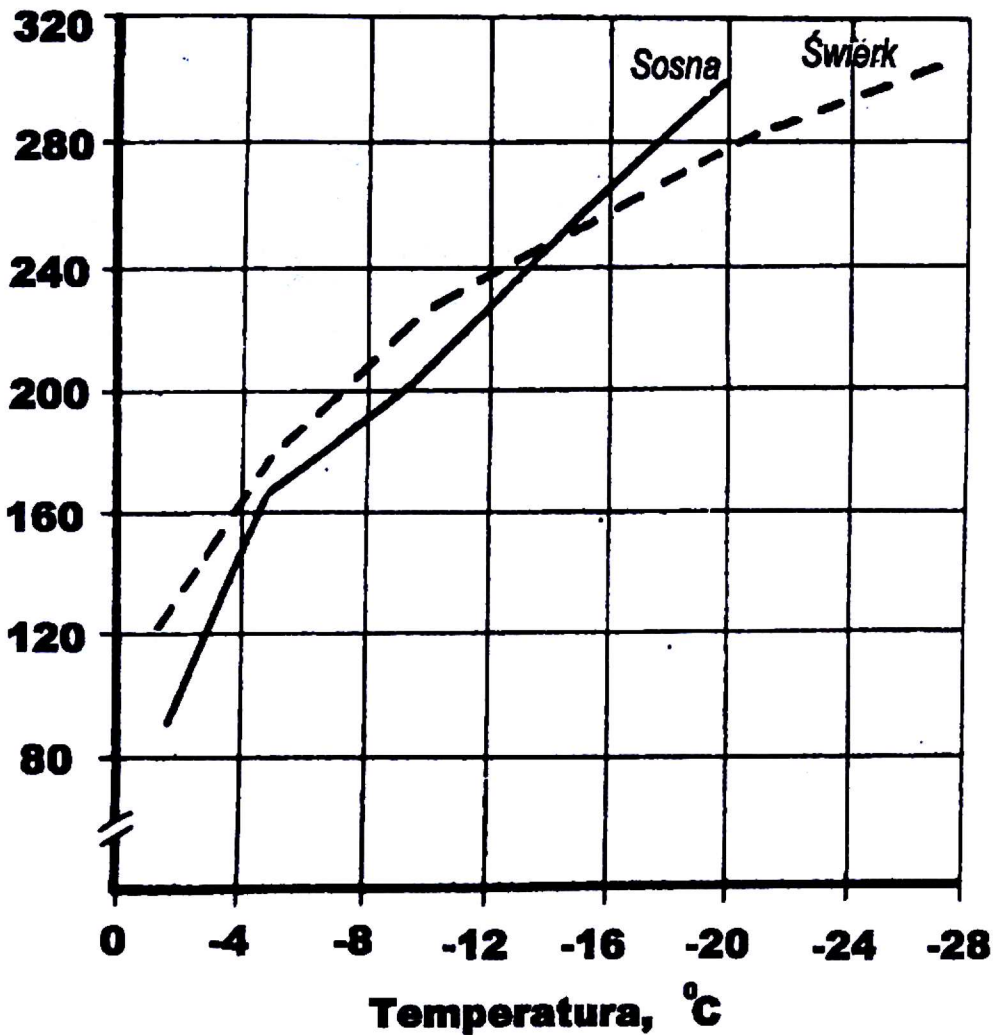
Koło lub wózek zwrotny (bogie) przejeżdżając jedną stroną maszyny przez przeszkodę, powodują nachylenie jednostki, a to zwiększa szerokość pasa przejazdu maszyny w porównaniu z jej funkcjonowaniem na nawierzchni płaskiej, bez przeszkód. Oddziaływanie takie przeszkody jest większe w stosunku do pojazdów z kołami pojedynczymi o dużych średnicach, niż w odniesieniu do pojazdów wyposażonych w wózek zwrotny typu tandem (bogie) (ryc. 4) [13].



RYC. 4. Zalety stosowania zespołu kół typu bogie

Siła przylegania

N cm^{-2}



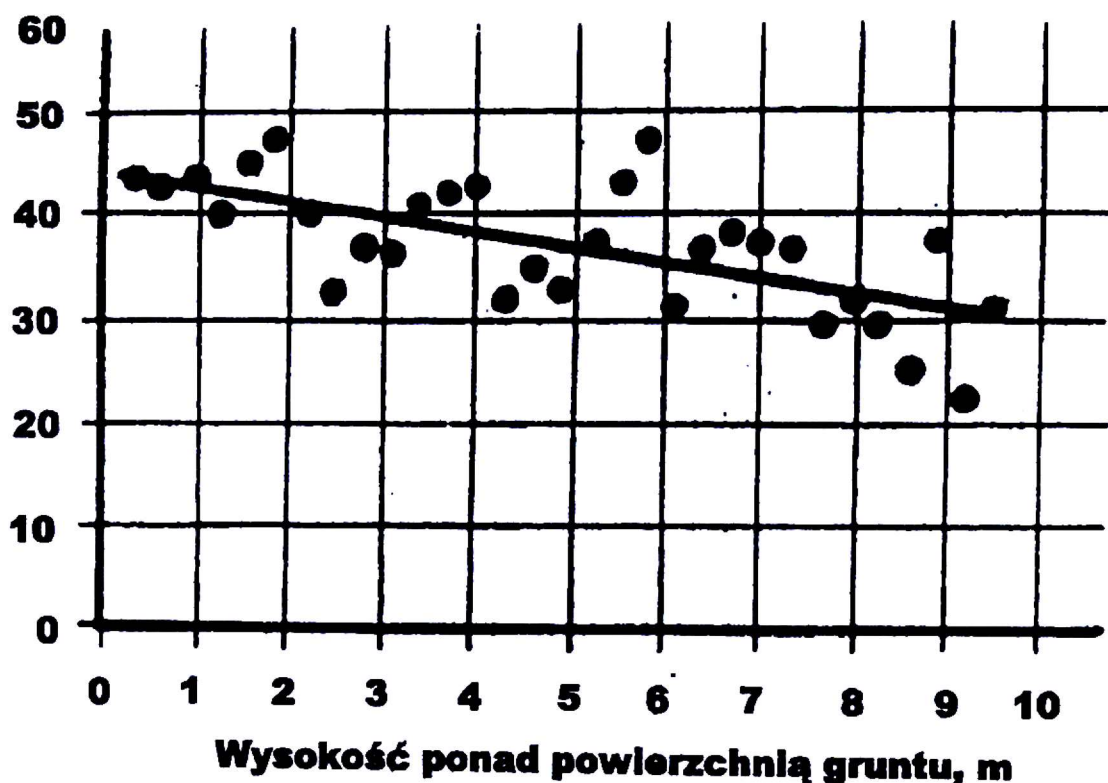
RYC. 5. Siła przylegania kory do pnia sosny i świerka, przy różnych temperaturach poniżej 0° C

Szczegółnej troski i precyzyjnego planowania wymaga stosowanie forwaderów trzebieżowych o długich wysięgnikach i procesorów kompaktowych na wysięgnikach forwaderów, które według badań fińskich uszkadzają do 11% drzew pozostających [10].

Jazda w poprzek stoku jest szczególnie niebezpieczna. Zwłaszcza jeśli chodzi o forwadery, które przy pełnym ładunku oraz żurawiu usytuowanym w górnym położeniu łoża ładunkowego mają wyjątkowo wysoko usytuowany środek ciężkości. Najechanie jedną stroną przechyloną na bok przy jeździe po stoku maszyny na przeszkodę (pniak, głąz etc.) może spowodować gwałtowne przesunięcie się środka ciężkości, utratę stateczności poprzecznej i w konsekwencji wywrotkę ciągnika. Mimo, że producenci podają znacznie wyższe wartości stateczności poprzecznej (statycznej) forwadera, z uwagi na omówione już zagrożenia należy unikać eksploatacji forwadera przy jeździe w poprzek stoku o nachyleniu większym niż 15-20%.

Siła przylegania kory

$N\ cm^{-2}$



RYC. 6. Siła przylegania kory do pnia przy różnych wysokościach nad powierzchnią gruntu (*Picea mariana* oraz *Picea rubens*)

Operacje w sezonie wegetacyjnym podnoszą znacznie ryzyko uszkodzenia drzew przez wysięgnik żurawia forwardera. Proste obliczenie energii, która jest zaangażowana gdy żuraw jest w ruchu wykazuje, że kora prawdopodobnie wytrzyma uderzenie w ciągu najzimniejszego okresu zimy [14, 17] (ryc. 5), ale prawdopodobnie nie będzie to mieć miejsca w innych sytuacjach. Siła przylegania kory do pnia w sezonie wegetacyjnym maleje ze wzrostem wysokości uderzenia, co jeszcze bardziej podnosi ryzyko uszkodzenia pnia przez chwytaki [1] (ryc. 6). Jak wskazują badania nawet stosunkowo niewielkie rany powodują zakażenia patogenami. Meng [9] stwierdził, że tam gdzie wystąpiło zderzenie kory i powstały rany o powierzchni $100\ cm^2$, ryzyko zakażenia zgnilizną wyniosło 30-50%. Tak więc najlepszym sposobem unikania szkód jest zapobieganie uderzaniu drzew. To oznacza utrzymywanie dostatecznie szerokiej drogi zrywkowej, wymaga dobrej geometrii żurawia na maszynie, zaś operator powinien mieć dobrą widoczność, być dobrze wyszkolonym i pozytywnie motywowanym do tego rodzaju pracy.

Do zmniejszenia zagęszczania gleby, na obszarach mokrych lub gleb łatwo ulegających zagęszczaniu, powinno się używać opon typu "high-flotation" [2].

Dyskutując na temat problemu przyczyn formowania kolein nie powinniśmy jedynie patrzeć na naciski maszyn na grunt. Maszyny, które dziś pracują w lasach wywierają średni nacisk na grunt między 50 i 150 kPa. Wartości preferowane powinny wynosić zaledwie

TABELA
Charakterystyka techniczna forwaderów gaśnicowych, z gaśnicami gumowymi

Wyszczególnienie	Ciągniki fińskie				Ciągniki francuskie C.I.N.A.M.
	model				
	Terri 1020D	Terri 2040D	Farmi Track	Meri Trackmo	
Łączna długość, m	6,4-6,9	6,5-7,0	7,6-8,4	9,0	–
Szer. x wys., m	1,2x1,9	1,46 (1,60*)x 2,35	1,7x2,6	2,5x3,1	–
Masa własna, kg	1260	3500	3260	12 000	–
Udźwig, kg	1700	2000	2500	9000	1500 lub 2000
Gaśienice: – materiał konstrukcyjny	guma + stalowe żebra	guma + stalowe żebra	guma + stalowe żebra	guma + stalowe żebra	guma + stalowe żebra
– szerokość, mm	480	500 500 lub 650 (przyczepa)	600 (jednostka pociągowa) 500 (przyczepa)	680 (jednostka pociągowa) 850 (przyczepa)	–
Opony kół jedn. napęd.: – wymiary, cale	4,00x8,00 (6,40x13)	4,00x8,00	5,0x8,00 (5,5x16)	500 mm (śred- nica zewnętrzna)	–
– ilość:	2x4	2x4	2x5	2x6	2x2
Moc silnika, kW	15,4	21,0	30	70	19,9 lub 25,7
Prędkość jazdy, km/h	3,0-26,0	19,9	0-20	–	–
Zużycie paliwa l/ha		3,5	3-5		–
Żuraw hydrauliczny: – moment udźwigu, kNm	6	12	25	90	brak
– max. wysięg, m	3	4,2	4,5	9,5	
Nacisk na grunt z pełnym obciążeniem, kPa	–	27		–	–
– przód			8		
– tył			25		
Wciągarka, siła uciągu, kN	–	20	–	–	–
Cena sprzedaży 1985 -12-31 – marki fińskie)	110 000	–	320 000	600 000	–

* szerokość przyczepy łącznie z gaśnicami śniegowymi wynosi 1,8 m

Źródła: Opracowanie własne na podstawie materiałów producenta oraz artykuł: Lyon D'or de la Mécanisation Forestière. La Forêt Privée 1989 N° 186 p. 73

30-50 kPa, co przy w pełni załadowanym forwaderze trudno jest osiągnąć [17]. W praktyce bardzo trudno jest podać rzeczywistą ocenę nacisku na grunt. Maszyna porusza się i pracuje. Gdy żuraw jest wysunięty do załadunku występuje efekt dźwigni. Maszyna siedmiotonowa, wyposażona w osiem kół może wywierać szacunkowo 60 kPa nacisku na grunt, ale gdy żuraw jest wysunięty, nacisk na tę stronę gdzie żuraw jest wyciągnięty może wynosić aż 90 kPa [15].

Niemal standardem stała się maszyna ośmio-kołowa tj. wyposażona w cztery zespoły kół typu bogie. Pozwala to znaczne zmniejszenie nacisków jednostkowych na grunt i momentu obrotowego w miejscu kontaktu z gruntem w porównaniu z maszynami sześciokołowymi. Dobry wózek zwrotny (bogie) pomaga maszynie pokonać przeszkody i wyrównywać wysokości przeszkód. Koła w wózku zwrotnym połączone są za pomocą łańcucha lub przekładni zębatych i stąd posiadają tę samą prędkość obrotową. Gdy przednie koło wspina się na przeszkodę przejedzie ono dłuższą odległość niż koło tylne. Powstaje więc sytuacja, gdzie jedno koło hamuje, a drugie napędza ciągnik. W konsekwencji prowadzi to do ślizgania się kół i szkód glebowych.

Typowo, przednia część w pełni załadowanego forwardera starszego typu (np. Volvo SM 462) dźwigała 60% masy całkowitej. Większy ładunek dawał przednim kołom mniejszy promień toczenia, niż kołom tylnym. Aby przetoczyć się na tę samą odległość co koła tylne, koła przednie musiały się toczyć nieco szybciej, ale na skutek posiadania sztywnej przekładni było to utrudniane. Maszyna z napędem na cztery koła rozwijała siłę hamującą około 2,7 kN na koło przednie w miejscu kontaktu z gruntem i siłą napędzającą 3,5 kN na koło tylne [8]. Te przeciwstawne działające siły powodowały ograniczenia w przekładni i uwalniały się w postaci poślizgu między kołem i gruntem. Gdyby wszystkie koła współpracowały niezbędna siła napędzająca na jedno koło wynosiłaby zaledwie około 1 kN [8]. Podobnie nierówne rozłożenie ładunku i różne promienie kół (różne ciśnienia napompowania, bądź różny stopień zużycia) spowodują wzrost różnic w przejechanych odległościach między poszczególnymi kołami, co wywoła poślizg kół hamowanych i niszczenie gruntu. W nowych konstrukcjach forwarderów (np. Timberjack 810B) dystrybucja masy jest następująca: 45% dociąża przód, zaś 55% – tył maszyny. Mimo tych zmian, przytoczone uwagi Marklunda pozostaną na ogół aktualne, chociaż relacje odwrócone.

Przy jeździe na łukach bardzo ciężko jest ciągnąć wózek zwrotny (bogie), ponieważ musi być pokonany opór skrętu wynikający ze ślizgania się wózka zwrotnego. W porównaniu z maszyną sześciokołową maszyna ośmiokołowa jadąc po łuku wymaga momentu obrotowego 1,6-1,7 razy większego. Większy zaś moment obrotowy oznacza zwiększone ryzyko uszkodzenia gleby. Momenty szczytowe, które niekiedy mogą dwukrotnie przewyższać wartość wymaganego momentu uwolnią się wtedy, gdy koła uzyskają poślizg. Ten poślizg może wówczas wystąpić w miękkich miejscach na gruncie, tj. tam gdzie najlepiej, aby się koła nie ślizgały. Można więc stwierdzić, że wózek zwrotny (bogie) ma zarówno zalety jak i wady [17].

W warunkach gruntów o niskiej nośności (torfy a nawet bagna) z powodzeniem znajdują zastosowanie forwardery gąsienicowe z zainstalowanymi na stałe, na pneumatykach, gąsienicami gumowymi (tabela). Przykładowo w Finlandii w 1985 roku pracowało 200 ciągników Terri, 60 Farmi Track i 6 Mwerri-Trackmo [11]. Niskie naciski na grunt, rzędu 20-25kPa powodują, że ciągniki te z powodzeniem pracują na stosunkowo wrażliwych na ubicie glebach, a także na gruntach o niskiej wytrzymałości żłobiąc znacznie płytsze koleiny, niż forwardery ośmiokołowe zrywające równoważną masę drewna.

Stosowane w operacjach trzebieżowych mikro-ciągniki klasy "Żelazny koń" w technologii typu Järnhästen (zrywka całkowicie podwieszona) oferują co prawda stosunkowo niskie naciski na grunt samego ciągnika (ok. 10-11 kPa), ale nie dotyczy to już w tej samej mierze przyczepy (koła mogą wywierać nacisk ok. 25 kPa). Ponadto zrywka wyrobionych sorty-

mentów o długości 5-7 m praktycznie eliminuje możliwość swobodnego poruszania się między drzewami zespołu ciągnik + ładowna przyczepa, co – przy ograniczonej zdolności pokonywania przeszkód na trasie przejazdu – może czynić tę technologię mało elastyczną i wymaga szlaków technologicznych.

Zaletą zrywki całkowicie podwieszanej jest możliwość okraczania (straddle) młodego odnowienia. Badania wykazują, że drzewka o wysokości trzy razy większej, niż prześwit maszyny mogą być okraczane w warunkach bez mrozu bez ich uszkodzenia, pod warunkiem łagodnego pierwszego kontaktu maszyny z drzewkami i gładkiej płyty osłaniającej spód maszyny [16]. Operatorzy powinni być zachęceni do stosowania olejów smarowych i hydraulicznych, które są przyjazne środowiskowo, takich jak oleje roślinne. Być może jedną z alternatyw staną się takie oleje jak olej rzepakowy, oleiniany czy poliglikole. Inne dostępne i biodegradowalne oleje alternatywne, takie jak syntetyczne estry nasycone i nienasycone w dobie obecnej są zbyt drogie (ok. 6,5-8,0 DM/l) i w związku z tym nie są konkurencyjne w stosunku do olejów tradycyjnych [12]. Tam, gdzie to możliwe, do napędu silników ciągników powinny być stosowane paliwa o coraz niższym poziomie toksyczności dla środowiska (ograniczenie emisji CO, HC, NO_x oraz cząstek stałych) tym bardziej, że nowe dyrektywy Unii Europejskiej coraz bardziej zaostrzają kryteria homologacji silników maszyn pozadrogowych, w tym ciągników leśnych [6].

Jednym z uzasadnień stosowania forwarderów jest fakt, że często nie jest konieczna budowa składnic. Forwarderem można rozładować ładunek kłód bezpośrednio na samochód ciężarowy lub składować kłody wzdłuż drogi wywozowej do późniejszego podjęcia ich przez kierowcę samochodu wywozowego. Tak jak szlaki zrywkowe dla skidderów, szlaki zrywkowe dla forwarderów po zakończeniu operacji, powinny być zamykane i chronione przed erozją gleby. Należy instalować drewniane drenaże poprzeczne oraz rowy odwadniające celem odprowadzenia wody ze szlaków. Również glebę pozbawioną pokrywy roślinnej należy poddać zabiegom rekultywacyjnym przywracającym tę osłonę.

Podsumowanie

Forwardery mogą być maszynami o niezwykle wyrafinowanej konstrukcji, z komputerami pokładowymi, urządzeniami do elektronicznej kontroli poślizgu kół, indywidualnego dostosowania sposobu pracy do możliwości psychofizycznych operatora, etc. Trzeba jednak pamiętać, że te rozwiązania, aczkolwiek dostępne fizycznie, w wielu przypadkach praktyki leśnej, pozostaną poza zasięgiem ekonomicznym i racjonalnością praktycznego stosowania. A zatem, w praktyce często spotykać się będzie forwardery mniej wyrafinowane i kwestią o decydującym znaczeniu dla ich użytkowania przy zmniejszonym ryzyku szkód, pozostanie niezwykle uważne planowanie oraz świadomość ekologiczna i motywacja operatorów maszyn zrywkowych.

Z Zakładu Użytkowania Lasu i Drewna AR w Krakowie

Literatura

1. **Berlyn R.W.** 1965. The Effect of Variations in the Strength of the Bond between Bark and Wood on Mechanical Barking. Research Note No 54. Pulp and Paper Research Institute of Canada. Woodland Research No 174, Montreal, Canada.
2. **Dykstra D.P., Heinrich R.** 1996. FAO Model Code of Forest Harvesting Practice, pp. 85 FAO, Rome.
3. **Egger W.** 1985. Work Organization and Wood Harvesting Methods of the Austrian Federal Forest Enterprise. FAO For. Pap. No. 14, Rev. 1 Rome: 129-174.
4. **Frauenholz O.** 1979. Organization of Work. FAO For. Pap. No. 14, Rome: 147-162.
5. **Häkansson S.G.** 1977. Space Requirements for Forwarders in Thinning. Report No. 114. Department of Operational Efficiency, College of Forestry, Swedish University of Agricultural Sciences. Garpenberg. Sweden.
6. **Januszewski J.** 1998. Nowa Dyrektywa Unii Europejskiej. PTRiL nr 7: 12, 16.
7. **Jodłowski K.** 1997. Kilka słów o eksploatacji forwarderów. Las Polski, nr 12: 18-20.
8. **Marklund B.** 1988. The Effect of the Distribution of Torque and Number of Wheel Revolutions on the Ground Contact Forces of Terrain Vehicles. Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Operational Efficiency. Research Notes No. 117 (Swedish, English summary).
9. **Meng W.** 1978. Baumverletzungen durch Transport vorgänge bei der Holzernte. Schrft. d. Landesforstverw. Baden-Württemberg, Band 53.
10. **Sirén M.** 1983. The Technology of Thinnings in Finland. In: Proc. FAO/ECE/ILO Eberswalde, p. 286-196.
11. **Sirén M.** 1986. Forwarding of Timber on Soft Soils in Finland. Proc. of 18th IUFRO World Congress, Div. 3. Ljubljana, pp. 21-34.
12. **Soppa R.** 1997. Oleje do przekładni hydraulicznych. Las Polski nr 3: 19-22.
13. **Sundberg U., Silversides C.R.** 1989. Operational Efficiency in Forestry, vol. 2: Practice. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 86-95.
14. **Voronitsyn K.I., Vorobyev I.V.** 1965. The Effect of the Season on Barking. Institute for Mechanization of the Timber Industry (TSNIME), Moscow, Symposium on Mechanical Barking of Timber. Helsingfors. Finland. JCFWTTFW. Log Symp. 1/19. Geneva.
15. **Wästerlund I.** 1986. Machine Forces that Damage Trees and Ground in Thinning Operations Sveriges lantbruksuniversitet Institutionen för skogsteknik Uppsatser och Resultat nr 108/1987. Proceed. of Harvesting Machines and Systems Evaluation Workshop, Charleston, South Carolina, USA November 18 and 19.

16. **Wästerlund I.** 1993. Environmental Considerations at Logging Operations. Seminar on the Use of Multifunctional Machinery and Equipment in Logging Operations. ECE/FAO/ILO/JCFTMT. Olenino (Russian Federation), 22-28 August.
17. **Wästerlund I.** 1988. Are Present Forestry Machines Smooth Terrain-Machines ? SFM, Stockholm. Meddelande No. 38 pp. 21-34.

Summary

Wood skidding with forwarders as codified in the code of harvesting practices

Forwarders-special forest tractors for wood skidding, are the subjects of this report. It presents several current problems connected with the risk of skidding damage and threats from using these machines in the forest environment.

Using his own information, and reviewing broadly the world literature connected with the use of forwarders, the author ventured to make some general recommendations concerning conditions and rules of using forwarders, following the model of the so-called forest harvest codes, used still more broadly in the world since the nineties.