

Ochrona gleby leśnej przy pozyskiwaniu i zrywce drewna

Jarosław Sadowski, Tadeusz Moskalik, Dariusz Zastocki

Abstrakt. Pozyskiwanie drewna, zgodnie z ustawą o lasach, jest jedną z głównych dziedzin działalności leśnictwa. Proces ten może się odbywać jednak pod warunkiem zapewnienia maksymalnej ochrony środowiska. Ze społecznego i gospodarczego punktu widzenia z pozyskiwania drewna zrezygnować nie można. Leśników więc obowiązuje zasada takiego postępowania, aby naruszenie równowagi środowiska było minimalne i umożliwiło szybki powrót do stanu poprzedzającego rozpoczęcie procesu pozyskiwania.

Przejazdy maszyn oraz transport surowca drzewnego powodują naruszenia wierzchniej warstwy gleby leśnej. Powstają koleiny, zmienia się struktura gleby i jej własności, a szczególnie zwięzłość. Na rozmiary uszkodzeń wpływa wiele czynników związanych z konstrukcją maszyn, własnościami podłoża oraz przygotowaniem powierzchni. Poznanie występujących zależności powinno umożliwić określenie technologii i sposobów pracy pozyskiwania drewna minimalizujących ryzyko wystąpienia szkód glebowych.

Słowa kluczowe: Pozyskiwanie drewna, zrywka, uszkodzenia gleby, ochrona gleby leśnej

Abstract. Forest soil protection in timber harvesting and logging. According to the law on forests, timber harvesting is one of the main fields of forestry. This process however is only possible to employ with ensured maximal environmental protection. From the social and economic points of view, timber harvesting may not be relinquished. Therefore foresters are obligated to apply the procedure that the interference with natural environment would be minimal and should allow for fast return to the original condition preceding the timber harvesting process.

Machine drives and transportation of raw wood material cause disturbance in the top layer of forest soil. Path holes are formed and the structure and the properties of soil begin to change, its compactness in particular. The extent of such damage is influenced by a number of factors, such as machinery construction, properties of the ground as well as preparation of the surface. Knowing the existing dependencies should allow to determine technologies and the manner of timber harvesting activities minimising the risk of soil damage.

Key words: timber harvesting, logging, damage to the soil, protection of forest soil

Wstęp

W okresie ostatnich lat w procesach produkcji leśnej, szczególnie w zakresie użytkowania lasu, obserwowany jest wzrost stosowania różnego rodzaju maszyn. Maszyny te oprócz

swych niewątpliwych walorów, takich jak między innymi możliwość zwiększenia wydajności pracy czy poprawy ergonomicznych warunków pracy operatora, mogą jednocześnie wpływać negatywnie na stan środowiska leśnego. Środowisko, w którym pracują maszyny leśne generalnie jest określone trzema podstawowymi elementami: rodzajem terenu, występującą na nim roślinnością oraz właściwościami gleby. Elementy te nie tylko determinują możliwości hodowlane, ale jednocześnie określają one możliwości zastosowania odpowiednich maszyn i metod pracy. Prawidłowy dobór maszyn leśnych, charakteryzujący się minimalnym wpływem na środowisko leśne jest szczególnie istotny w wysoce dynamicznych systemach z wieloma wewnętrznymi i zewnętrznymi wpływami i interakcjami. System taki jest poza tym przedmiotem stałej ingerencji ludzi na wszystkich poziomach. Tylko podstawowe zrozumienie i faktyczna znajomość tego kompleksu relacji i procesów pozwoli osobom zarządzającym lasami na ocenę tego wpływu na środowisko z jednoczesnym minimalizowaniem powstających szkód (Beekman 1987). Prace pozyskaniowe naruszają kształtowany przez szereg lat system ekologiczny lasu. Duże zagrożenie stanowią wprowadzane środki techniczne do ścińki i wyróbki drewna oraz jego zrywki. Z tego powodu dobór tych środków i metod stosowanych przez zespoły robocze musi być bardzo staranny. Powinny one być maksymalnie bezpieczne dla środowiska oraz powinny umożliwiać szybką regenerację powstałych zmian (Laurow i in 1994).

Badania wpływu maszyn na środowisko leśne prowadzi wiele ośrodków badawczych. Początkowo ograniczały się one do analizy rozmiaru i skutków mechanicznego uszkodzenia pni drzew. Oddziaływanie maszyn jednak jest znacznie szersze. Groźniejsze w skutkach mogą być (Giefing 1992, 1995, Laurow 1990, Moskalik 1997) między innymi erozja gleby wywołana pozyskaniem i zrywką drewna oraz zniszczenie struktury gleb leśnych. W niniejszej pracy podjęto próbę przedstawienia głównych aspektów oddziaływania nowoczesnych środków technicznych wykorzystywanych w użytkowaniu lasu na glebę leśną oraz ważniejszych sposobów przeciwdziałającym negatywnym skutkom przemieszczania się maszyn w drzewostanie.

Ochrona gleby leśnej przy pozyskiwaniu i zrywce drewna

Wprowadzanie do drzewostanu stosunkowo ciężkich maszyn jakimi są harwestery i forwrdery powoduje tworzenie się kolein oraz doprowadzać może do zmian struktury gleby. Zmiany te zależą od rodzaju gleb, a w szczególności od mechanicznych właściwości substratu glebowego, wilgotności i warunków pogodowych. Duże znaczenie odgrywają także parametry maszyny takie jak: masa własna maszyny, wielkość ładunku oraz rodzaj urządzenia jezdnego. Nośność gleb leśnych jest bardzo zróżnicowana i kształtuje się w granicach od 20 kPa dla gleb bagiennych do 200 kPa na piaskach wilgotnych i glebach piaszczysto-gliniastych (Porter 1995). Większość specjalistycznych maszyn leśnych wywiera naciski na glebę w przedziale 50-300 kPa. Uszkodzenie gleby następuje w takich przypadkach, gdy naciski jednostkowe maszyn przekraczają nośność gruntu. Wśród naukowców nie ma do tej pory jednoznacznej zgodności co do tego jakie poziomy nacisków są dopuszczalne w warunkach leśnych. Jedni uważają, że przy naciskach jednostkowych maszyn do 50 kPa nie ma żadnych zmian w drzewostanie, a umiarkowane zmiany struktury gleby powstają w przedziale 50-120 kPa. Jako wielkość progowa, powyżej której należy spodziewać się istotnych zmian własności podłoża, przyjmowana jest wartość 70-100 kPa (Matthies 1997a). Oprócz obciążeń statycznych występują także siły dynamiczne powstające w wyniku przyspieszania bądź hamowania maszyn. Siły te powodują uszkodzanie wierzchnich warstw gleby lub tworzenie się kolein (Wästerlund 1992).

Jednym z następstw poruszania się pojazdów po powierzchni leśnej jest zwiększenie zagęszczenia gleby (Suwała 1999). Zmiany zagęszczenia, sięgające od 8 do 15%, mogą zachodzić do kilkudziesięciu centymetrów w głąb gruntu. Ostatnio pod uwagę brane są również zmiany zwięzłości gleby mierzone z wykorzystaniem penetrometrów. Większość wykonanych w Polsce obserwacji w tym zakresie dotyczyła tradycyjnych procesów pozyskiwania drewna, głównie w drzewostanach trzebieżowych. Według tych badań nawet jednorazowe poruszenie się koni lub pojazdów powoduje długotrwałe odkształcenia gleb leśnych polegające na jej zgniataniu i tworzeniu się kolein. Jednorazowy przejazd środka zrywkowego powoduje, że zwięzłość gleby osiąga od 40 do 95% wartości maksymalnej, uzyskiwanej po 10 przejazdach (Laurow 1995, Moskalik i Sadowski 1998). Badania penetrometryczne przeprowadzone w Katedrze Użytkowania Lasu i Inżynierii Leśnej SGGW jednoznacznie wskazują na powstawanie zmian. Dla niektórych środków zrywkowych przeprowadzono badania na trzech różnych rodzajach gleb: na glebie piaszczystej, pylastej oraz gliniastej (tab. 1). Stwierdzono, iż gleby charakteryzujące się większą naturalną zwięzłością (np. gliny) wykazują mniejszą reakcję na wielokrotne przejazdy maszyn leśnych. Natomiast na glebach tych następują większe procentowe zmiany oporów rozklinowania gruntu już po pierwszym przejeździe.

Tab. 1. Opory rozklinowania w % przy różnych rodzajach gleb po 10 przejazdach maszyny w stosunku do wariantu kontrolnego

Table 1. Soil compaction in % at different soil types after 10 runs of the machine in relation to the control variant

| Środek zrywkowy | Gleba | | |
|-----------------|-------------|---------|-----------|
| | Piaszczysta | Pylasta | Gliniasta |
| Forwarder | 178 | 173 | 159 |
| Żelazny koń | 147 | 166 | 128 |
| Ursus C-330 | 306 | 182 | 179 |

Wzrost oporów będący następstwem przejazdów maszyn leśnych świadczy o zmianach struktury gleby. Stan taki najczęściej doprowadza do pogorszenia aeracji gleby i może to negatywnie oddziaływać na rozwój mikroorganizmów glebowych, runa oraz samego drzewostanu poprzez utrudnianie rozrastania się korzeni. Naruszenie struktury gleb powoduje z reguły zmiany w przyroście drzewostanu (Moskalik i Sadowski 1998).

Przypuszczać należy, że na rozmiar wzrostu oporów rozklinowania gleby, oprócz stosowanego sprzętu, rodzaju gleby i ilości przejazdów wpływa także aktualna wilgotność podłoża i pora prowadzonych prac. Dotychczasowe badania w tym zakresie nie są pełne, ale uzyskane wyniki skłaniają do stwierdzenia, iż każdy z analizowanych środków technicznych wywiera niekorzystny wpływ na glebę leśną bez względu na jej rodzaj. Dokładne skutki zmian struktury gleb leśnych w wyniku prowadzonych prac pozyskaniowych nie zostały do tej pory do końca poznane. Czas relaksacji gleby, czyli jej powrotu do stanu wyjściowego trwa od kilkunastu do kilkudziesięciu lat (Moskalik 2004).

Wraz z wprowadzaniem do drzewostanu maszyn leśnych, zdano sobie sprawę z faktu, że powodowane przez nie uszkodzenia gleby muszą być minimalizowane. W związku z tym rozwinęło się w naszym kraju oraz na świecie szereg koncepcji, zadaniem których jest ochrona gleby. Jednym z ważniejszych elementów w tym zakresie, docenianym już od dłuższego czasu, jest konieczność stosowania szlaków zrywkowych (Bort i in. 1993). W przypadku ich

braku zrywka drewna odbywa się dowolnie po całym drzewostanie uszkadzając duże połacie powierzchni, przekraczające często 50%. Najbardziej szkodliwa w tym zakresie jest zrywka wleczona. Szlaki zrywkowe skupiają więc wszystkie wymienione negatywne skutki oddziaływania maszyn na ograniczonej powierzchni. Stopień tego skupienia będzie oczywiście zależał od tego jak są one szerokie oraz jaki jest między nimi odstęp. Na przykład przy szerokości szlaków ok. 3-4 m i odstępem 30 m powierzchnia zajęta przez nie, w warunkach nizinnych, wynosi 10-13% (Moskalik i Sadowski 1995).

Inną koncepcją mającą na celu ochronę gleby, stosowaną coraz częściej jest montowanie w maszynach leśnych szerokich, niskociśnieniowych opon z jednoczesnym zmniejszaniem ciężaru maszyn. Stwierdzono bowiem, iż pojazdy kołowe wyposażone w standardowe ogumienie wywierają na glebę zbyt duże naciski. Na przykład ciągnik LKT, przy maksymalnym obciążeniu, wywiera nacisk jednostkowy kół 150 kPa. Nacisk jednostkowy opon niskociśnieniowych jest znacznie mniejszy i wynosi około 20-40 kPa (Więsik 1995). Zaznaczyć tutaj należy, że w świetle ostatnich badań, w warunkach środkowoeuropejskich, wartości graniczne przy których następuje naruszenie struktury gleby zawierają się w granicach 50-100 kPa, w zależności od rodzaju gruntu (Matthies 1997b, Sadowski i in. 2011, Suwała 2004).

Bardzo dobre rezultaty, ograniczające szkody glebowe, daje pokrywanie miejsc przejazdów maszyn specjalnymi matami bądź chrustem uzyskiwanym w wyniku prowadzonego pozyskiwania drewna. W przypadku ciągników kołowych, po pokryciu szlaku chrustem, uszkodzenia gleby można ograniczyć o dwie trzecie, natomiast głębokość kolein o połowę. Przy ciągnikach gaśnicowych stwierdzono mniejsze różnice, ale były one w dalszym ciągu istotne (Čížek 1988). Są to jednak prace bardzo pracochłonne. Jedynie przy stosowaniu do ścinki i wyróbki drewna harwestera może te prace usprawnić. Harwester bowiem posiada możliwość dociągnięcia ściętego drzewa na szlak zrywkowy, na którym dokonywane jest jego okrzesanie. Powstałe gałęzie pozostają na szlaku tworząc "dywanik" zarówno dla harwestera jak i dla maszyny zrywkowej, jaką najczęściej jest forwarder.

W tej części opracowania skupiono się na praktycznych sposobach ochrony gleby przed szkodliwym oddziaływaniem maszyn leśnych. W dalszej kolejności przedstawione zostaną bardziej kompleksowe koncepcje, biorące pod uwagę przede wszystkim różne czynniki drzewostanowe. Jedną z takich koncepcji jest podejście przedstawione w połowie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku przez Löfflera i Müllera (1998). Po uwzględnieniu zmierzonych właściwości fizycznych i mechanicznych gleby dokonuje się podziału siedlisk leśnych na tzw. "klasy wrażliwości". Dla każdej klasy przewidziano konkretne zalecenia gospodarcze (tab. 2).

Przyporządkowanie siedlisk do poszczególnych klas następowało po fachowym oszacowaniu ryzyka wjazdu na podstawie właściwości fizyko-mechanicznych podłoża. Wiele obiecującym pomysłem tej idei było rozszerzenie mapy siedlisk o ryzyko wjazdu pojazdów mechanicznych. Jednakże to pierwsze stadium nie wyszło w następnych latach poza ramy pierwotnego pomysłu i nie zostało wdrożone do praktyki. Przyczyn takiego stanu rzeczy było kilka. Z jednej strony klasyfikacja siedlisk opierała się na względnie dużej ilości danych pochodzących z terenu i laboratoriów, które ze względu na ich dużą lokalną zmienność musiałyby być zebrane konsekwentnie we wszystkich wydzieleniach. Jest to praktycznie niemożliwe do zrealizowania ze względu na ograniczone zasoby siły roboczej oraz środki finansowe. Z drugiej strony fachowe oszacowanie ryzyka wjazdu pojazdów mechanicznych oraz ich wpływ na glebę, a co za tym idzie przyporządkowanie siedlisk do klas wrażliwości wywołuje pewne niejasności. Wynik tego przyporządkowania zależy w dużym stopniu od osoby dokonującej tej oceny, a tym

samym nie jest on do końca jednoznaczny. Kolejnym utrudnieniem jest to, że aktualna wilgotność gleby, która w decydującym stopniu określa odporność gleby na wjazd pojazdów mechanicznych wpływa tylko w pewnym stopniu na zalecenia gospodarcze. Brak uwzględnienia nacisku jednostkowego na grunt wynikał z ówczesnej sytuacji, w której nowoczesne systemy pozyskiwania drewna (harvester oraz forwarder) nie odgrywały znaczącej roli w leśnictwie środkowoeuropejskim (Dietz i in. 1984). Biorąc pod uwagę poruszone problemy, zauważyć należy, że choć koncepcja ta jest dość skomplikowana, to może służyć do wskazania właściwego kierunku postępowania zmierzającego do wypracowania skutecznych metod ochrony gleb leśnych, ponieważ dokonano tutaj próby oceny rzeczywiście istniejących cech siedliska przy zastosowaniu obiektywnej analityki (Matthies 1997a).

Tab. 2. Koncepcja ochrony gleby wg „Löfflera i Müllera” (1998)
Table 2. The concept of soil protection by „Löffler and Müller” (1998)

| Klasa wrażliwości | Stopień ryzyka | Zalecenia gospodarcze |
|--|----------------------|--|
| 1 | Znikome | Brak ograniczeń (ogumienie, obciążenia na osie, wilgotność gleby) |
| 2 | Znikome/średnie | Redukcja obciążenia na osie, Przy wysokiej wilgotności gleby szerokie opony |
| 3 | Średnie | Całoroczne niskie obciążenie na osie, Przez cały rok szerokie opony, Przy wysokiej wilgotności gleby brak możliwości wjazdu na powierzchnię na powierzchnię międzyszlakową |
| 4 | Średnie/duże | Całoroczne ograniczenie ruchu po stałych trasach |
| 5 | Duże | Jak w klasie 4 ale z umocnieniem tras |
| Parametry brane pod uwagę przy klasyfikacji: | | |
| Typ gleby | Gęstość suchej gleby | Stopień infiltracji gleby |
| Porowatość gleby | Penetracyjność gleby | Aktualna wilgotność gleby |

Ciekawą koncepcję zastosowania maszyn leśnych zgodną z wymogami ochrony środowiska (tab. 3), która wykazuje wiele podobieństw do koncepcji poprzedniej przedstawiono dla warunków Dolnej Saksonii w Niemczech w czasopiśmie “Merkblatt” nr 28 (1992). Wprowadzone tu zostały 4 stopnie zagrożeń z jasnymi wskazaniem gospodarczymi. W przypadku terenów nizinnych są one w większości przypadków identyczne ze wskazaniem zaproponowanymi przez Löfflera i Müllera. Przy przyporządkowaniu siedlisk poszczególnym stopniom zagrożenia w koncepcji tej zrezygnowano z pracochłonnego indywidualnego zbierania danych i posłużono się informacjami zaczerpniętymi z leśnej mapy siedliskowej. Można ją więc postrzegać jako pewnego rodzaju mapę zagrożeń. W klasyfikacji tej przyjęto jednakże suchą, bezmrozną pogodę i w przypadku wystąpienia niekorzystnych warunków atmosferycznych wprowadza restrykcje dotyczące stosowania określonych procesów technologicznych i użycia maszyn. Ze względu na postulat dostosowania maszyn leśnych do gruntów o różnej nośności koncepcja ta sprawdza się tylko częściowo, ograniczając się do specjalistycznych maszyn zrywkowych w strefach zagrożeń od 2 do 4. Wydaje się ona być jednak zbyt ogólnikowa przy stosowaniu szerokiej palety obecnie produkowanych maszyn leśnych (Matties 1997b).

Tab. 3. Koncepcja ochrony gleby wg propozycji kraju związkowego Dolna Saksonia. (1992)
Table 3. The concept of soil protection by proposals for the Land of Lower Saxony (1992)

| Pozyskiwanie drewna | | |
|---|--|---|
| Stopień zagrożenia/ ryzyka | Zalecenia gospodarcze | |
| 1. Znikome | Zastosowanie maszyn bez ograniczeń | |
| 2. Umiarkowane | Przy niesprzyjającej pogodzie p szerokie opony, dywaniki chrustowe | |
| 3. Wysokie | Całorocznie tylko na szlakach zrywkowychp szerokie opony, dywaniki chrustowe, niedopuszczalny wjazd na powierzchnię międzyszlakową | |
| 4. Bardzo wysokie | Jak w stopniu 3 jednakże wjazd tylko przy sprzyjających warunkach pogodowych i na umocnionych trasach | |
| Parametry brane pod uwagę przy klasyfikacji | | |
| Stopień zagrożenia/ryzyka | Wilgotność gleby | Podłoże |
| 1. Znikome | Wilgotność umiarkowana pojawiająca się pod wpływem wody gruntowej | Nośne, nie ma tendencji do zagęszczenia |
| 2. Umiarkowane | Mała | Np. less na innych warstwach |
| 3. Wysokie | Średnia | Np. less na glinie nakładowej |
| 4. Bardzo wysokie | Duża | Np. bagna |

Pragmatyczny układ przedstawiający permanentne uszkodzenia gleby wnosi koncepcja “Mc Nabb’a” (tab. 4). Amerykański fizyk gleby McNabb opublikował w roku 1993 wytyczne dla amerykańskich przedsiębiorców leśnych. Jego intencją było umożliwienie nie obeznanemu z glebą kierowcy samodzielne oszacowanie ryzyka wjazdu na dane siedlisko. Uwzględnione były przy tym trzy czynniki: rodzaj gleby, jej wilgotność oraz ukształtowanie terenu, przy czym dla każdego czynnika można było wyróżnić trzy stopnie. Uzyskane w ten sposób trzy liczby umożliwiają po ich wzajemnym przemnożeniu określenie stopnia zagrożenia danego siedliska przez sprzęt mechaniczny.

Tab. 4. Koncepcja ochrony gleby wg McNabb’a (1993)
Table 4. The concept of soil protection by McNabb (1993)

| Czynnik | 1 | 2 | 3 |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Rodzaj gleby | gruboziarnista | Drobnoziarnista | Organiczna |
| Wilgotność gleby | Sucha | Wilgotna | Mokra |
| Ukształtowanie terenu | Wypukły | Wklęsły | nachylenie > 30% |
| Multiplikacja ocenianych czynników | | | |
| Ocena ryzyka | Zakres punktowy | | |
| Małe | 1-4 | | |
| Średnie | 5-11 | | |
| Duże | 12-27 | | |

Autor na podstawie własnego doświadczenia twierdzi, że udało się znacznie poprawić jakość rezultatów wjazdów maszynami poprzez zastosowanie omówionego schematu. Wykorzystanie tej koncepcji ze strony kierowcy jest wysokie, gdyż jest ona prosta i umożliwia szybką ocenę. Ze względu jednak na jej małą dokładność oraz nieuwzględnienie parametrów

maszyn (np. wagi, czy nacisku na podłoże) koncepcja ta wydaje się nie znajdować zastosowania w warunkach środkowoeuropejskich.

Podsumowanie

Maszyny stosowane w procesach pozyskiwania drewna powodują określone zaburzenia w środowisku leśnym. Przejazdy środków technicznych przyczyniają się do zmian właściwości gleb leśnych. Istotnie zmienia się ich zwięzłość mierzona oporami rozklinowania. Rozmiar szkód glebowych determinowany jest wieloma powiązаныmi ze sobą czynnikami. Wydaje się, że podstawowe znaczenie mają parametry używanego sprzętu, rodzaj gleby, ilość przejazdów, a także wilgotność podłoża i pora prowadzonych prac. W związku z potencjalnym ryzykiem wystąpienia niekorzystnego oddziaływania maszyn leśnych na strukturę i własności gleb opracowano wiele teoretycznych oraz praktycznych koncepcji jej ochrony, wyróżniając konkretne stopnie zagrożenia w zależności od istniejących warunków. Analiza proponowanych rozwiązań prowadzi do wniosku, że nie ma opracowanej pełnej i uniwersalnej metody kompleksowej ochrony gleby. W przyszłościowej koncepcji ochrony gleby w leśnictwie muszą zostać pogodzone interesy ekologii i ekonomii. Projekt ochrony gleby musi uwzględniać szereg wymagań. Po pierwsze należy dokonać klasyfikacji siedlisk ze względu na ich potencjalny stopień zagrożenia (odporności) na uszkodzenia mechaniczne powodowane przez maszyny. Klasyfikacja ta powinna opierać się na możliwie analitycznych, a tym samym obiektywnych danych. Zawartość wody, jako czynnika decydującego o zmianach strukturalnych, musiałaby również być precyzyjnie określana. Decyzja wyboru maszyn musiałaby opierać się na konkretnych wskaźnikach. Powyższe rozważania przemawiają za słusznością twierdzenia, że maszyny związane z pozyskiwaniem i zrywka drewna muszą posiadać odpowiednie parametry i powinny się przemieszczać po wcześniejszym przygotowanych szlakach technologicznych. Ze względu na wagę zagadnienia, a także wiele nie do końca poznanych zależności wskazane są dalsze prace pozwalające wypracować metody ochrony gleby przed szkodliwym oddziaływaniem maszyn leśnych, które byłyby zgodne z wymaganiami zrównoważonego rozwoju lasów.

Literatura

- Beekman F. 1987. Soil strength and forest operations. Doctoral thesis, Department of Forest Technique, Agricultural University, Wageningen.
- Bort U. Mahler, G. Pfeil Chr. 1993. Mechanisierte Holzernte. Wechselwirkungen von Erschließungsdichte, Pflughöhe und Betriebserfolg. Forsttechnische Informationen Nr. 11, s. 121-124.
- Čížek J. 1988. Biotechniczne podstawy mechanizacji produkcji leśnej. PWRiL. Warszawa.
- Dietz P. Knigge W. Löffler H. 1984. Walderschliessung. Ein Lehrbuch für Studium und Praxis und Besonderer Berücksichtigung des Waldwegebau. Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Giefing F.D. 1992. Pozyskiwanie drewna a ochrona środowiska. Konferencja Naukowa KNL PAN „Stan i perspektywy trwałego użytkowania lasu w Polsce. Wyd. SGGW Warszawa.
- Laurov Z. 1995. Rola szlaków zrywkowych w warunkach górskich. Proekologiczne i produkcyjne funkcje szlaków operacyjnych we współczesnej gospodarce leśnej. PTL Warszawa.
- Mathies D. 1997a. Maschinelle Holzernte und ihre Auswirkungen auf unsere Bestände. AFZ/Der Wald Nr. 9.
- Mathies D. 1997b. Perspektiven des physikalisch-mechanischen Bodenschutzes in der Forstwirtschaft. Forstliche Forschungsberichte. Nr 165/1997. Universität München.
- McNabb, 1993. Plan now – pay later. CPPA Woodlands Paper, Juni, s. 33-37.
- Moskaliak T. 2004. Model maszynowego pozyskiwania drewna w zrównoważonym leśnictwie polskim.

Rozprawy Naukowe i Monografie. Wydawnictwo SGGW Warszawa.

- Moskalik T. Sadowski J. 1995. Rola szlaków zrywkowych w tradycyjnych i zmodernizowanych technologiach pozyskiwania drewna w trzebieżach wczesnych w warunkach nizinnych. Sympozjum „Proekologiczne i produkcyjne funkcje szlaków operacyjnych we współczesnej gospodarce leśnej. PTL Warszawa.
- Moskalik T. Sadowski J. 1998. Einfluss von Holzernte- und Rückemaschinen auf den Waldboden und verbleibenden Bestand. Forstliche Forschungsberichte Nr. 174. TU München.
- Niedersächsische Landesforsten, 1992. Merkblatt Nr. 28, s. 16-22.
- Löffler H. Müller E. 1998. Das Konzept der Bodenschutz. Forstw. Cbl. 107. S. 104-111.
- Porter B. 1995. Proekologiczne problemy w użytkowaniu lasu. Kierunki ochrony przyrody w lasach zagospodarowanych. Opracowanie zbiorowe. SGGW Warszawa.
- Sadowski J. Moskalik T., Nowacka W. 2011. Fully-mechanized and manual mechanized timber harvesting in thinning pine stands. W *Technology and Ergonomics in the Service of Modern Forestry*. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. s. 281-288
- Suwała M. 1999. Uszkodzenia drzew i gleby przy pozyskiwaniu drewna w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. Pr. IBL, Ser. A 1999 nr 873 s. 1-86.
- Suwała M. 2004. Uszkodzenia gleby w drzewostanach sosnowych przy pozyskiwaniu drewna w praktyce leśnej. Sylwan. 1. 87-101.
- Więsik J. 1998. Czynniki decydujące o wyborze maszyn do pozyskiwania drewna w Polsce. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej nr 6.
- Wasterlund I. 1992. Damage to the Grodnu and stand after mechanized cleaning. SLU Garpenberg. Inst. För Skogteknik, Uppsatsser och Resultat nr 193.
- Więsik J. 1995. Szlaki technologiczne w świetle stosowanych środków technicznych i systemów pozyskiwania drewna. Sympozjum „Proekologiczne i produkcyjne funkcje szlaków operacyjnych we współczesnej gospodarce leśnej. PTL Warszawa.

Jarosław Sadowski, Tadeusz Moskalik, Dariusz Zastocki

Katedra Użytkowania Lasu

Wydział Leśny SGGW

jaroslaw.sadowski@wl.sggw.pl