

**JANUSZ M. SOWA, DARIUSZ KULAK, ARKADIUSZ STAŃCZYKIEWICZ,  
GRZEGORZ SZEWCZYK**

## **Rozmiar i charakter naruszeń wierzchniej warstwy gleby powstałych podczas pozyskiwania i zrywki drewna w trzebieżach wczesnych drzewostanów świerkowych**

The size and nature of damage to the topsoil caused by timber extraction and skidding during early thinning operations in spruce stands

### **ABSTRACT**

Sowa J. M., Kulak D., Stańczykiewicz A., Szewczyk G. 2011. Rozmiar i charakter naruszeń wierzchniej warstwy gleby powstałych podczas pozyskiwania i zrywki drewna w trzebieżach wczesnych drzewostanów świerkowych. Sylwan 155 (5): 330-339.

The study concerns the impact of two harvesting technologies – one based on a traditional horse skidding and one using a small MultiFKS winch powered by chainsaw motor on the size and nature of damage to the surface soil layer. The study was conducted in a spruce stand where early thinning was carried out. The total share of soil disturbed during harvesting operations was not large accounting for 2.99% of the cutting area for horse skidding and 1.73% for skidding using a MultiFKS winch. The volume of damage to the topsoil was 8.38 m<sup>3</sup>/ha and 2.64 m<sup>3</sup>/ha, respectively. The likelihood of disturbances of the soil layer was 47% for horse skidding and 31% for skidding by means of a winch. Both technologies were characterized by a similar, ca 5% likelihood of cutting of topsoil to a depth larger than 5 cm. For both technologies the likelihood of soil compaction was significantly lower than soil cutting.

### **KEY WORDS**

timber harvest, damage, early thinning, horse skidding, winch skidding

### **ADDRESSES**

Janusz M. Sowa – e-mail: rlsowa@cyf-kr.edu.pl  
Dariusz Kulak – e-mail: rlkulak@cyf-kr.edu.pl  
Arkadiusz Stańczykiewicz – e-mail: rlstancz@cyf-kr.edu.pl  
Grzegorz Szewczyk – e-mail: rlszewcz@cyf-kr.edu.pl

Katedra Użytkowania Lasu i Drewna; Uniwersytet Rolniczy; Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

## **Wstęp**

Oddziaływanie procesów technologicznych pozyskiwania drewna na środowisko leśne, szczególnie w drzewostanach młodszych klas wieku, powinno być jednym z ważniejszych kryteriów ich oceny. Niewłaściwie przeprowadzone zabiegi lub zastosowanie technologii silnie uszkadzających drzewostan albo glebę leśną może na wiele lat obniżyć stan sanitarny ekosystemu leśnego, zmniejszyć przyrost czy też zainicjować zjawiska erozyjne. Poszukiwania środków zrywkowych mogących zastąpić konia w drzewostanach młodszych klas wieku, a cechujących się jednocześnie małą uciążliwością dla środowiska leśnego oraz niskimi kosztami zakupu i użytkowania, doprowadziły do próby użycia do zrywki wciągarek napędzanych silnikiem pilarki [Giefing, Klentak 1999]. W Katedrze Użytkowania Lasu i Drewna Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie przeprowadzono badania dotyczące zastosowania takiej wciągarki w technologii

wykorzystywanej dotychczas podczas pozyskiwania drewna za pomocą procesorów agregowanych z ciągnikami rolniczymi [Sowa 2000]. Według dotychczasowych badań tak zmodyfikowana technologia cechuje się małą szkodliwością w stosunku do odnowienia i drzewostanu głównego [Sowa, Stańczykiewicz 2003, 2005]. Konieczne wydaje się ich uzupełnienie o ocenę wpływu zastosowania do zrywki wciągarki napędzanej silnikiem pilarki na wielkość uszkodzeń wierzchnich warstw gleby.

Celem pracy było określenie rozmiaru i struktury naruszeń wierzchniej warstwy gleby powstałych w trakcie prac pozyskaniowych w górskich drzewostanach świerkowych. Zakres prac ograniczono do dwóch środków zrywkowych (koń i wciągarka MultiFKS napędzana silnikiem pilarki) oraz zabiegu trzebieży wczesnej.

## Metodyka

Powierzchnie badawcze zlokalizowano na terenie Nadleśnictwa Nowy Targ w oddziale o podstawowych charakterystykach przedstawionych w tabeli 1.

Przed rozpoczęciem prac pozyskaniowych założono dla każdej z analizowanych technologii po dwie prostokątne działki robocze o wymiarach (100×50 m) oparte dłuższym bokiem o szlak zrywkowy. Na działkach tych założono po 32 kołowe powierzchnie próbne o promieniu 3,99 m w siatce kwadratów o boku 12,5 m. Środki powierzchni oznaczono drewnianymi palikami, zaś na najbliższym drzewie zapisano numer powierzchni. Prace pozyskaniowe na działkach ze zrywką konną zrealizowano w ten sposób, że pilarz wykonał ścinę i okrzesywanie wyznaczonych przez służbę leśną drzew, a zrywka całych strzał wykonana została za pomocą koni w sposób włączony do szlaku operacyjnego. Na działkach ze zrywką za pomocą wciągarki schemat prac był podobny, przy czym pilarz zwracał większą uwagę na zachowanie kierunku obalania w stronę przeciwną do szlaku operacyjnego i wciągarki. Dalsza zrywka po szlaku operacyjnym nie była przedmiotem analizy niniejszego opracowania. Prace zrębowe wykonane zostały w czerwcu i lipcu.

Po zakończeniu prac zrębowych wykonano inwentaryzację uszkodzeń gleby na kołowych powierzchniach próbnym stosując następującą ich klasyfikację:

**Tabela 1.**

Podstawowe cechy drzewostanu, w którym zlokalizowano badania  
Main characteristics of a stand in which the research was conducted

Cecha	Opis siedliska i drzewostanu						
	LMG; teren spadzisty; pokrywa: narecznica, borówka, szczawik, starzec, przęnet; zmieszanie kępowe, Jd, Bk, Św 30 l, Md, Js 40 l; Bk-Św						
Powierzchnia [ha]	6,21 [ha]						
Udział gatunków	1Jd	1Bk	3Św	1Jd	3Św	1Św	
Wiek [lata]	46	46	46	56	56	66	
Zadrzewienie	1,0						
Zwarcie	umiarkowane						
Pierśnica [cm]	15	14	16	21	23	28	
Wysokość [m]	14	15	17	19	21	23	
Bonitacja	I	I	I	I	I	I.5	
Grubizna	na powierzchni	190	120	620	310	620	
	razem	2170					
	[m <sup>3</sup> /ha]	30	20	100	50	100	
	razem	350					

- ścięcie pokrywy glebowej – odsłonięcie głębszych warstw, z naruszeniem gleby mineralnej – najczęściej w formie wyżłobień utworzonych czołami wlezonego drewna,
- ubicia gleby – wyraźne ślady ubicia dokonane podczas zrywki przez ładunek drewna.

Zmierzono długość, szerokość i głębokość naruszeń gleby. Pomiarów wykonano z dokładnością do 0,5 cm. Uzyskane dane poddano obróbce statystycznej z wykorzystaniem programu komputerowego Statistica 6.0 PL (StatSoft, Inc.).

## Wyniki i dyskusja

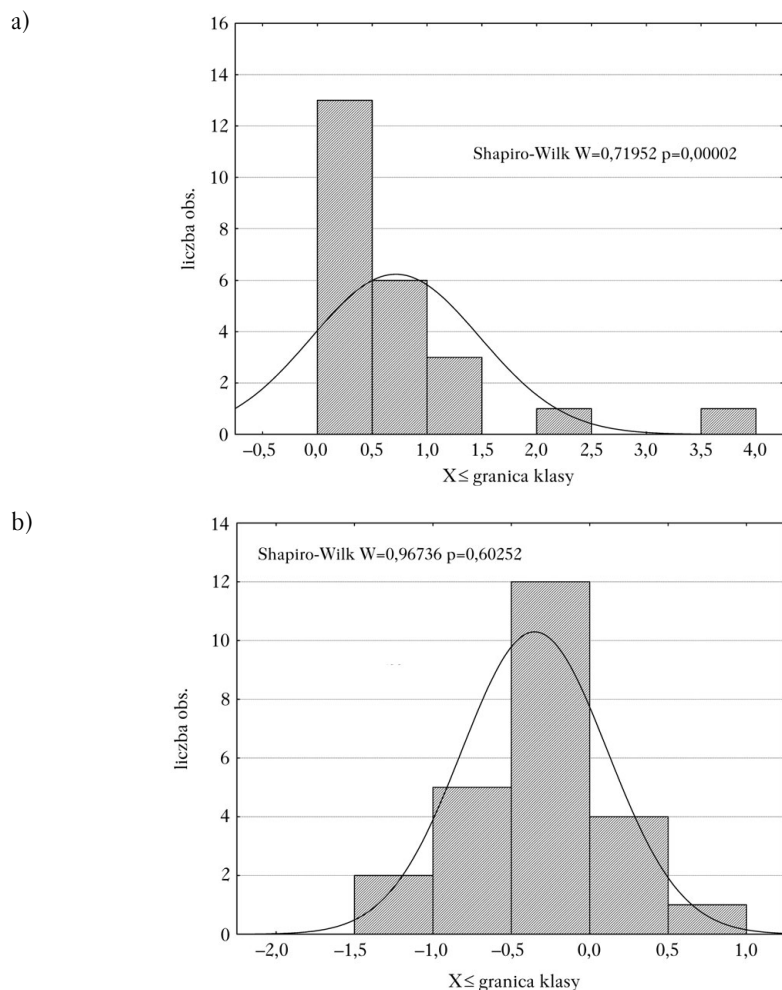
Ogólny udział naruszonej w trakcie prac pozyskaniowych gleby nie był duży i wyniósł 2,99% powierzchni zrębowej dla technologii ze zrywką konną i 1,73% dla technologii ze zrywką wykonaną za pomocą wciągarki MultiFKS. Wartości te są zbliżone bądź nieco niższe od podawanych przez innych autorów. Przykładowo Porter [1997] stwierdził, że wykonanie trzebieży w drzewostanie sosnowym II-III klasy wieku, ze zrywką drewna za pomocą koni, skutkuje uszkodzeniami pokrywy glebowej na 3,1% powierzchni zrębowej. We wczesnych trzebieżach drzewostanów jodłowych w trakcie zrywki konnej uszkodzane jest 1,12% terenu objętego zabiegiem [Sowa, Kulak 2008]. Z kolei zastosowanie wciągarki MultiFKS w trzebieżach późnych drzewostanów sosnowych spowodowało uszkodzenia 2,07% powierzchni zrębowej [Sowa, Kulak 2007]. Objętość stwierdzonych naruszeń pokrywy glebowej wyniosła 8,38 m<sup>3</sup>/ha w technologii ze zrywką konną i 2,64 m<sup>3</sup>/ha dla technologii ze zrywką zrealizowaną za pomocą wciągarki.

Za pomocą testu Shapiro-Wilka stwierdzono, że rozkłady powierzchni i objętości uszkodzeń mają charakter skośny i nie są zgodne z rozkładem normalnym (ryc. 1a). Podobne wyniki przedstawiano już we wcześniejszych pracach [Kulak 2005; Sowa 1997; Sowa, Kulak 2007, 2008]. W związku z brakiem zgodności rozkładów empirycznych z rozkładem normalnym dane poddano transformacji logarytmicznej, co umożliwiło uzyskanie zgodności z rozkładem normalnym (ryc. 1b). Dane zlogarytmowane wykorzystane zostały wyłącznie do przeprowadzenia testów statystycznych.

Najwyższą wartość mediany powierzchni ścięć pokrywy glebowej stwierdzono podczas zrywki konnej na drugiej działce. Mniejsze powierzchnie ścięć wystąpiły na działkach ze zrywką wciągarką MultiFKS (ryc. 2). Wyniki testu Levene'a wskazują ( $F=0,741$ ,  $p=0,532$ ), że wariancje we wszystkich grupach są jednorodne. Analiza wariancji wykazała ( $F=3,498$ ,  $p=0,022$ ), że zlogarytmowane powierzchnie ścięć pokrywy glebowej nie są w analizowanych grupach jednakowe. Za pomocą testu NIR określono z kolei, która ze zmiennych wpłynęła na takie wyniki analizy wariancji (tab. 2, ryc. 2). Statystycznie istotne różnice zaobserwować można pomiędzy zrywką konną na 1 działce i MultiFKS na działkach 1 i 2 oraz pomiędzy zrywką konną na działce 2 i MultiFKS na działce 1. Porównywane technologie w obrębie działek są jednorodne i nie wykazują istotnego statystycznie zróżnicowania.

Podobną analizę statystyczną, jak dla powierzchni ścięć pokrywy glebowej, przeprowadzono również dla ich objętości. Podstawowe statystyki opisowe objętości ścięć pokrywy glebowej zestawiono na rycinie 3. Zauważyć można, że dla zrywki konnej obserwowano znacznie większe wartości maksymalne objętości ścięć pokrywy glebowej, jednak wartości median kształtowały się na podobnym poziomie, jak dla zrywki wykonanej wciągarką MultiFKS. Wykonany test Levene'a ( $F=2,224$ ,  $p=0,095$ ) wykazał jednorodność wariancji zlogarytmowanych objętości ścięć pokrywy glebowej. Analiza wariancji wykazała ( $F=0,602$ ,  $p=0,616$ ), że obserwowane różnice są nieistotne statystycznie.

Kolejną analizowaną formą naruszeń wierzchniej warstwy gleby były jej ubicia. Statystyki opisowe powierzchni ubić stwierdzonych na kolejnych działkach roboczych zestawiono na ryci-



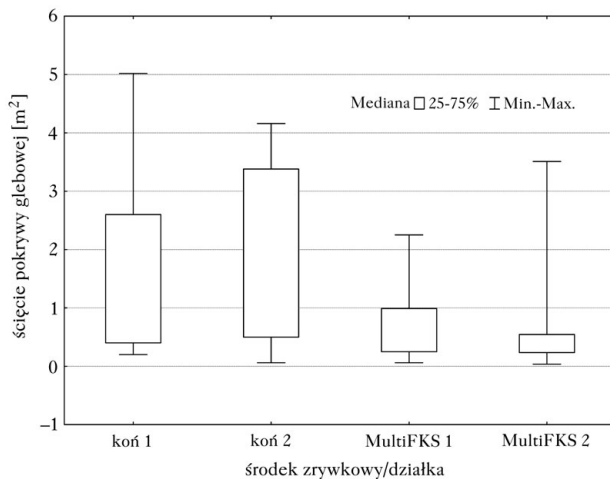
Ryc. 1.

Powierzchnia zerwań pokrywy glebowej zrywką konną na działce 1 przed (a) i po (b) transformacji logarytmicznej

Area of topsoil cutting by horse skidding on plot I before (a) and after (b) log-transformation

nie 4. W przypadku tej formy naruszeń pokrywy glebowej również zauważalny jest większy rozmiar uszkodzeń powstałych w technologii ze zrywką konną. Tak mediany, jak i wartości maksymalne były znacznie większe niż przy zrywce za pomocą wciągarki MultiFKS. Wykonany test Levene'a ( $F=1,421$ ;  $p=0,065$ ) wykazał jednorodność wariancji zlogarytmowanych powierzchni ubić pokrywy glebowej. Analiza wariancji wykazała ( $F=5,117$ ;  $p=0,007$ ), że obserwowane różnice są istotne statystycznie. Wyniki testu post-hoc przedstawiono w tabeli 3.

Powierzchnie ubić powstałych podczas zrywki konnej na obydwu działkach są istotnie statystycznie większe od powstałych podczas zrywki wykonanej wciągarką. W obrębie jednej technologii nie stwierdzono zaś istotnego zróżnicowania powierzchni ubić (ryc. 5). Największą objętością cechowały się ubicia stwierdzone na działce 2 ze zrywką konną, najmniejszą zaś na działce 2 ze zrywką wciągarką. Analiza wariancji ( $F=1,778$ ,  $p=0,179$ ) nie wykazała jednak istot-



Ryc. 2.

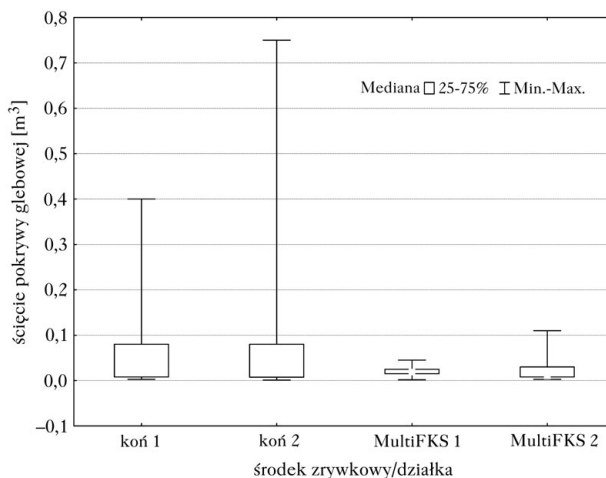
Statystyki pozycyjne powierzchni ścięć pokrywy glebowej  
Order statistics for topsoil cutting

Tabela 2.

Wyniki testu NIR – powierzchnia ścięć pokrywy glebowej  
Results of the NIR test – the surface area of topsoil cutting

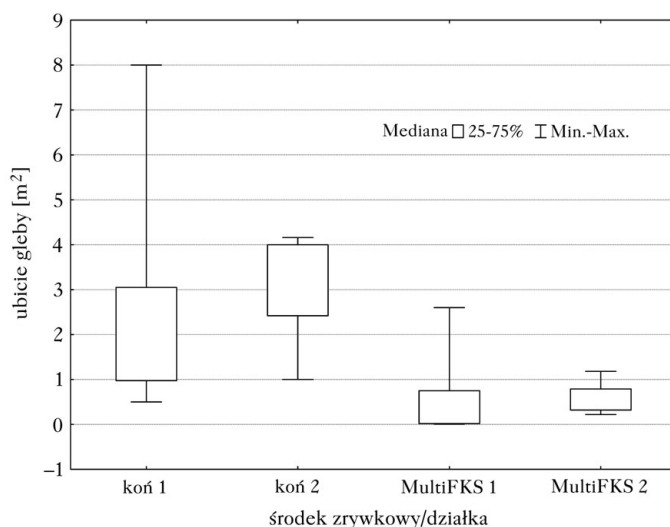
Zmienna	Koń, działka 1	Koń, działka 2	MultiFKS, działka 1	MultiFKS, działka 2
Koń, działka 1		0,880	0,008*	0,048*
Koń, działka 2	-		0,021*	0,094
MultiFKS, działka 1	+	+		0,504
MultiFKS, działka 2	+	-	-	

\* – wartości istotne na poziomie  $p=0,05$ ; values significant at  $p=0,05$



Ryc. 3.

Statystyki pozycyjne objętości ścięć pokrywy glebowej  
Order statistics for the volume of topsoil cutting



Ryc. 4.

Statystyki pozycyjne powierzchni ubić gleby  
Order statistics for soil compaction

Tabela 3.

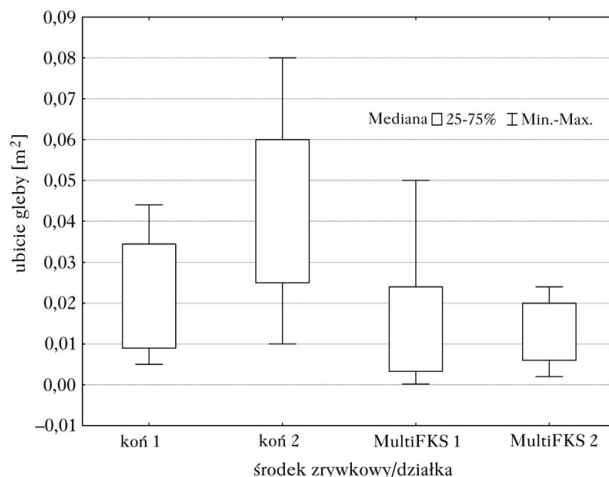
Wyniki testu NIR – powierzchnia ubić pokrywy glebowej  
Results of the NIR test – the surface area of topsoil compaction

Zmienna	Koń, działka 1	Koń, działka 2	MultiFKS, działka 1	MultiFKS, działka 2
Koń, działka 1		0,558	0,003*	0,043*
Koń, działka 2	–		0,003*	0,037*
MultiFKS, działka 1	+	+		0,17
MultiFKS, działka 2	+	+	–	

\* wartości istotne na poziomie  $p=0,05$ ; values significant at  $p=0,05$

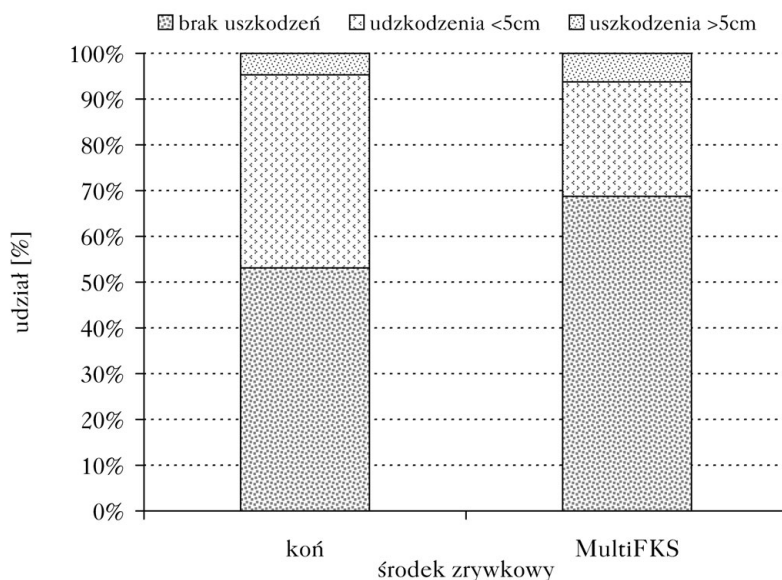
nego statystycznie zróżnicowania zlogarytmowanych objętości ubić gleby na poszczególnych działkach.

Podczas analizy naruszenia wierzchnich warstw gleby powstałych w trakcie prac pozyskaniowych cenne jest określenie prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzeń. Stąd w popularnych klasyfikacjach naruszeń gleby [Dyrness 1965; Wästerlund 1990] wyróżniany jest zerowy stopień uszkodzeń, rozumiany jako gleba niezakłócona z zachowaną sćcią i brakiem śladów ubicia. Podanie informacji o stosunku liczby punktów węzłowych lub powierzchni próbnych z zerowym stopniem uszkodzeń do liczby wszystkich punktów lub powierzchni daje informację o prawdopodobieństwie nieuszkodzenia powierzchni zrębowej przy zastosowaniu danej technologii prac. Kolejną ważną cechą naruszeń pokrywy glebowej jest ich głębokość, co wynika z faktu, że jest ona bezpośrednio związana z uszkodzeniami korzeni roślinności leśnej. Według Demki [1993] w 30-centymetrowej wierzchniej warstwie gleby znajduje się 80-90% korzeni gatunków iglastych, a w dziesięciocentymetrowej górnej warstwie gleby znajduje się 90% korzeni przewodzących o średnicy do 0,3 mm. Zasadnicza masa korzeni runa zawarta jest w najżyźniejszej pięciocentymetrowej wierzchniej warstwie gleby [Kaźmierczakowa 1971]. W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono naruszeń gleby głębszych niż 10 cm (ryc. 6). Powstanie uszkodzenia



Ryc. 5.

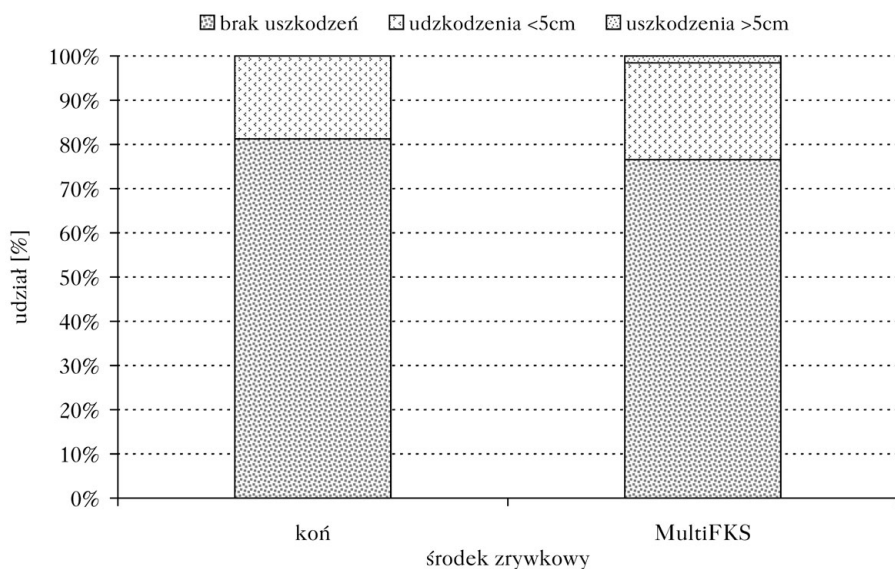
Statystyki pozycyjne objętości ubić gleby  
Order statistics for the volume of soil compaction



Ryc. 6.

Udział stopni uszkodzeń dla środków zrywkowych – ścięcia pokrywy glebowej  
Share of the degrees of damage to the topsoil for the individual skidding means – topsoil cutting

o charakterze ścięcia pokrywy glebowej było bardziej prawdopodobne w trakcie zrywki konnej i wynosiło łącznie 47%, podczas gdy przy zrywce wciągarką 31%. Udział uszkodzeń głębszych niż 5 cm był w obu sposobach zrywki zbliżony i wynosił około 5% (ryc. 7). Prawdopodobieństwo powstania ubić było mniejsze niż ścięć i wynosiło 19 do 23%. Ubięcia były również płytsze niż ścięcia. W całym doświadczeniu zaobserwowano tylko jeden przypadek ubicia głębszego niż 5 cm dla zrywki wciągarką. Stosunkowo niskie prawdopodobieństwo wystąpienia ubić wiązać



Ryc. 7.

Udział stopni uszkodzeń dla środków zrywkowych – ubicia pokrywy glebowej

Share of the degrees of damage to the topsoil for the skidding means – soil compaction

należy z wleczonym sposobem zrywki. Taki sposób transportu drewna sprzyja powstawaniu uszkodzeń o charakterze ścięć. Ubicia związane są raczej z nasiębiernym transportem drewna w systemie drewna krótkiego [Suwała 1999].

## Wnioski

- ✦ Zrywka konna spowodowała naruszenia pokrywy glebowej na blisko dwukrotnie większej powierzchni niż zrywka wykonana za pomocą wciągarki MultiFKS (odpowiednio 3% i 1,7% powierzchni zrębowej). Jednakże w stosunku do innych środków zrywkowych obydwa porównywane sposoby zrywki cechowały się niską szkodliwością w stosunku do gleby leśnej.
- ✦ Powierzchnia ścięć pokrywy glebowej jest istotnie statystycznie większa przy zrywce konnej. Z kolei objętość tej formy uszkodzeń była dla porównywanych technologii zbliżona i nie wykazywała istotnego zróżnicowania.
- ✦ Ubicia gleby powstałe podczas zrywki drewna za pomocą wciągarki MultiFKS miały mniejszą powierzchnię i objętość od powstałych podczas zrywki konnej, przy czym tylko odnośnie powierzchni obserwowane różnice były istotne statystycznie.
- ✦ Prawdopodobieństwo, że podczas zrywki konnej dojdzie do powstania uszkodzenia o charakterze ścięcia pokrywy glebowej wynosiło 47%, a dla zrywki wciągarką 31%. Obydwie technologie cechowały się zbliżonym, około 5% prawdopodobieństwem wystąpienia ścięć pokrywy glebowej głębszych niż 5 cm.
- ✦ Dla obydwu technologii znacznie mniejsze było prawdopodobieństwo powstania ubić. Wynosiło ono 19% dla zrywki konnej i 23% dla zrywki wciągarką MultiFKS.

## Literatura

Demko J. 1993. Zhutnovanie lesnych pod pri sustredovani dreva. Acta Fac. For. 35: 333-343.

Dyrness C. T. 1965. Soil surface condition following tractor and high-lead logging in the Oregon Cascades. Journal of Forestry 63: 272-275.



- Giefing D. F., Klentak I. 1999. Zużycie paliw w procesie technologicznym pozyskiwania drewna w trzebieżach wczesnych drzewostanów sosnowych. W: Tendencje i problemy mechanizacji prac leśnych w warunkach wielofunkcyjnego. Poznań. 25-31.
- Kaźmierczakowa R. 1971. Ekologia i produkcja runa świetlistej dąbrowy i grądu w rezerwach Kwiatówka i Lipny Dół na Wyżynie Małopolskiej. Studia Naturae. Zakład Ochrony Przyrody PAN, PWN Kraków. 5.
- Kulak D. 2005. Wpływ technologii pozyskiwania drewna na rozmiar uszkodzeń roślinności dolnych warstw lasu i górnych poziomów gleby. Rozprawa doktorska, maszynopis UR Kraków.
- Porter B. 1997. Techniczne, ekonomiczne i przyrodnicze aspekty zrywki drewna w sosnowych drzewostanach przedrębnych. Wyd. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Sowa J. M. 1997. Podstawy metodyczne modelu szacowania szkód pozyskaniowych w środowisku leśnym. Kongres Leśników Polskich. Materiały i Dokumenty. T.2. IBL – GDLP, Warszawa. 132-138.
- Sowa J. M. 2000. Pozyskiwanie drewna w górach. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”. Warszawa. 271-278.
- Sowa J. M., Kulak D. 2007. Poziom uszkodzeń powierzchniowych warstw gleby powstałych podczas zrywki konnej i wykonanej wciągarką napędzaną silnikiem pilarki w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. W: Technika i technologia w leśnictwie polskim. Monografia wydana z okazji 50-lecia ZML SGGW. Wyd. SGGW. 80-88.
- Sowa J. M., Kulak D. 2008. Wpływ zrywki konnej na pokrywą glebową w trzebieżowych drzewostanach jodłowych. Integrované Ťažbovo-Dopravné Technologíe, Integrated Logging Technology. Technická Univerzita vo Zvolene, Lesnícka Fakulta, Katedra Lesnej Ťažby a Mechanizácie. 185-194.
- Sowa J. M., Stańczykiewicz A. 2003. Research on pro-ecological harvesting technology in thinning with the use of cable winch. W: Forest and woodworking technology and the environment. Brno. 405-415.
- Sowa J. M., Stańczykiewicz A. 2005. Determination of selected logging technologies impact, in thinned coniferous stands, on damage level of trees. Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management. Kraków-Krynica. 275-281.
- Suwała M. 1999. Wybrane aspekty środowiskowe i ekonomiczne pozyskiwania drewna z użyciem maszyn. Mat. Konf. Nauk. Tendencje i problemy mechanizacji prac leśnych w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. AR Poznań. 180-191.
- Wåsterlund I. 1990. Soil strength in forestry measured with a new kind of test ring. Proc. 10th Intern. Conference of the ISTVS. Kobe, Japan. 73-82.

## SUMMARY

### The size and nature of damage to the topsoil caused by timber extraction and skidding during early thinning operations in spruce stands

Incorrect harvesting operations or the use of technologies highly damaging forest stands and soils may for many years deteriorate the sanitary condition of the forest ecosystem, reduce the growth of trees or initiate the erosion processes. This study concerns the impact of two harvesting technologies – one based on a traditional horse skidding and one using a small MultiFKS winch powered by a chainsaw motor engine on the size and nature of damage to the surface soil layer.

The study was conducted in a spruce stand in the Nowy Targ Forest District where early thinning operations were applied. Skidding was performed on two plots with an area of 0.5 ha each using horses and on the next two – by means of a MultiFKS unit. The inventory of disturbances carried out after the treatment distinguished the cutting and compaction type of damage to the surface soil layer. The total share of soil disturbed during the harvesting operations was not large, accounting for 2.99% of the stand cutting area for horse skidding and 1.73% for the skidding using a MultiFKS winch.

The volume of damage to the topsoil was 8.38 m<sup>3</sup>/ha and 2.64 m<sup>3</sup>/ha, respectively. The likelihood of disturbances of the soil layer was 47% for horse skidding and 31% for skidding by means of a winch. Statistical analysis of various types of soil damage showed that the surface area of soil cutting was significantly larger in the case of horse skidding. In turn, the volume of this type of damage for the two compared technologies was similar and showed no significant

differences. Compaction – the second type of soil damage caused by a MultiFKS winch had a smaller surface area and volume than those which occurred during horse skidding.

Also the likelihood of the above distinguished types of damage to the topsoil and their depths was subject to analyses. The likelihood of disturbances of the soil layer was 47% for horse skidding and 31% for skidding by means of a winch. Both technologies were characterized by a similar, ca 5% likelihood of topsoil cutting to a depth larger than 5 cm. For both technologies, the likelihood of soil compaction was significantly lower than soil damage. Both technologies were characterized by a similar, ca 5% likelihood of topsoil cutting to a depth larger than 5 cm. For both technologies, the likelihood of soil compaction was significantly lower than soil damage.

In the analysed conditions, the skidding technology using a MultiFKS winch proved to be less damaging to the forest soil than the traditional horse skidding being considered harmless to the environment. Nonetheless, it should be noted that in relation to other skidding techniques, both compared technologies were characterized by a low environmental impact and could be recommended to reduce the level of damage.