

## **OCENA ZMIAN WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI PODŁOŻY LEŚNYCH PRZY RÓŻNYCH METODACH ZRYWKI DREWNA**

Anna Cudzik, Włodzimierz Białczyk, Jarosław Czarnecki, Marek Brennensthal  
*Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Inżynierii Rolniczej*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki pomiarów maksymalnych naprężeń ścinających oraz zwięzłości podłoża leśnych, na których prowadzono zrywkę drewna w sposób wleczony, półpodwieszony i nasiębierny. Sprawdzano czy i w jaki sposób liczba przejazdów przy różnych metodach zrywki wpływają na zmiany analizowanych właściwości podłoża. Na wartości mierzonych parametrów istotnie wpływała liczba przejazdów ciągnika LKT po szlaku zrywkowym. Wykazano istotny wpływ sposobu zrywki na analizowane parametry gleby.

**Słowa kluczowe:** podłoże leśne, zrywka drewna, właściwości fizyczne, właściwości mechaniczne

### **Wstęp**

Proces pozyskiwania drewna prowadzi do znacznych zaburzeń w ekosystemie leśnym. Uszkodzenia podłoża leśnych, zmiany fizycznych i chemicznych właściwości gleb oraz uszkodzenia drzew rosnących to główne skutki prowadzenia zrywki drewna [Ampoorter i in. 2007; Modry, Hubeny 2003]. Konieczność wykonywania czynności z zakresu użytkowania lasu w obecnych czasach powinna być podporządkowana łączeniu wymagań rynkowych i ekonomicznych dotyczących pozyskiwania drewna z wymogami dotyczącymi ochrony środowiska leśnego [Zastocki 2003]. Faktem jest, że firmy działające na potrzeby leśnictwa mają nieograniczone możliwości prowadzenia prac z uwzględnieniem różnych poziomów techniki. Niezależnie od zastosowanej metody zrywki drewna oraz użytych do tego celu środków, pracom tym zawsze towarzyszą szkody powstające w ekosystemie leśnym, są one jednak zróżnicowane pod względem zasięgu i natężenia. Ich rozmiar uzależniony jest od szeregu czynników związanych m.in. z masą pojazdu (maszyny), ogumieniem kół, stosowaną technologią pozyskiwania drewna [Dexter 2004; Alakukku 2003].

### **Cel, przedmiot, warunki i metodyka badań**

Celem badań była ocena skutków oddziaływania na podłoża leśne zrywki drewna realizowanej różnymi metodami. Analizowano zmiany wybranych właściwości gleb leśnych

oraz zasięg tych zmian w wyniku zrywki konnej w sposób wleczony, zrywki półpodwieszonyj ciągnikiem LKT oraz zrywki nasiębiernej forwardelem. W ramach eksperymentu badawczego sprawdzano również czy i w jaki sposób liczba przejazdów wpływa na zmiany maksymalnych naprężeń ścinających oraz zwięzłości podłoża przy poszczególnych metodach transportu drewna. Badania przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Międzylesie w Leśnictwie Biała Woda. Oddziały leśne objęte badaniami zlokalizowane są w terenie podgórskim o nachyleniu 8-30°, zróżnicowane są pod względem zajmowanej powierzchni oraz wielkości pozyskania. Podłoże dla LMGŚw stanowiła gleba brunatna wytworzona z gliny na utworach kamienistych. W składzie gatunkowym drzewostanu dominują świerk i buk w wieku 80-105 lat, natomiast podłoże stanowi darń i roślinność zielna.

Tabela 1. Charakterystyka miejsca badań  
Table 1. Description of the research site

Typ pozyskania i lokalizacja	Warunki terenowe	Typ siedliskowy / rodzaj podłoża	Drzewostany	Wielkość pozyskania [m <sup>3</sup> ]
88 a, 8,80 ha Pilarka +koń, LKT	760-870 m n.p.m wystawa północno-wschodnia, stok środkowy, stok stromy, nachylenie 18-30°	LMGŚw gleba brunatna, podłoże zadarnione	-świerk -buk w podszybie -jodła -buk	30
95 a, 14,21 ha Pilarka + LKT	810-910 m n.p.m wystawa północno-wschodnia, stok spadzisty, nachylenie 13-17°		-świerk -buk w podszybie -jodła -buk -świerk	30
102 a, 19,18 ha Harwester +forwarder	850-940 m n.p.m wystawa północno-zachodnia, stok środkowy, stok pochyły, nachylenie 8-12°		-świerk -buk w podszybie -jarzębina -świerk	2000

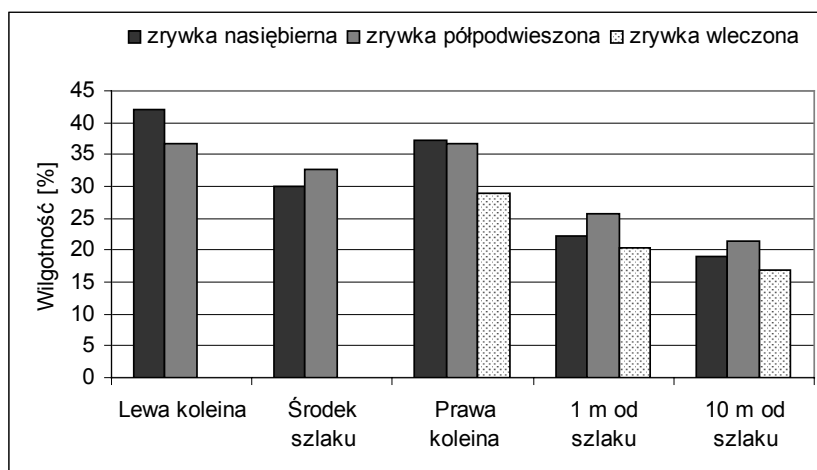
Źródło: opracowanie własne autorów

Drewno pozyskiwano pilarką spalinową metodą dłużycową, natomiast z wykorzystaniem harwestera wykonywano sortymentowe pozyskanie drewna. Zrywkę dłużycy oraz wyrobionych sortymentów drzewnych prowadzono trzema różnymi metodami: w sposób wleczony – koniem, w sposób półpodwieszony – skiderem LKT 81 Turbo, natomiast sortymenty drzewne zrywano metodą nasiębierną forwardelem VALMET 840.4. (8 WD). Drewno zrywano do dróg wywozowych lub do linii oddziałowych najczęściej bez wcześniejszego przygotowania szlaków zrywkowych. Forwarder, o masie własnej 15 400 kg i ładowności 12 000 kg, wyposażony był w półgąsienice na kołach dwóch tylnych osi. Koła przednie wyposażone były w łańcuchy antypoślizgowe. Ciągnik LKT 81 Turbo posiadał wciągarkę dwubębnową, natomiast jego układ jezdny nie posiadał żadnego osprzętu ułatwiającego pracę w warunkach leśnych. Do pomiaru maksymalnych naprężeń ścinających w glebie użyto testera Vane H 60 firmy Eijkelkamp, w skład którego wchodzi

zamontowana na żerdzi wydłużającej sonda skrzydełkowa. Dokładność pomiaru przyrządem wynosi 2 kPa a zakres pomiarowy 0-260 kPa. Podczas przeprowadzania badań naprężenia ścinające mierzono na głębokości 0,05 m, 0,1 m oraz 0,15 m. Pomiary wykonywano w pięciu powtórzeniach na każdej głębokości w wytypowanych punktach pomiarowych. Podczas realizacji badań do pomiaru zwięzłości gleby użyto penetrologera wyprodukowanego przez firmę Eijkelkamp. Penetrologer składa się z czujnika siły o dokładności do 1 N, żerdzi sondującej, systemu który mierzy zagłębienie oraz rejestratora. Do pomiaru zwięzłości gleby użyto stożka o polu podstawy równym 1 cm<sup>2</sup> i kącie rozwarcia 60° (zgodnie z normą NEN 5140). Wykorzystywany w badaniach penetrologger posiada również wbudowany GPS i sondę do pomiaru wilgotności gleby Theta Probe ML2x o dokładności do 1%. Pomiar zwięzłości wykonywano w pięciu powtórzeniach w każdym miejscu badań, do głębokości 0,2 m. Pomiary analizowanych parametrów wykonano w wyznaczonych punktach pomiarowych (w koleinie lewej, w osi szlaku, w koleinie prawej oraz w odległości 1 m i 10 m od szlaku zrywkowego) Punkt oddalony o 10 m od szlaku traktowano jako powierzchnię kontrolną (nienaruszoną podczas zrywki drewna). W przypadku zrywki konnej pomiary wykonywano w śladzie po przejściu konia i wleczonym drewnie, na wykresach ten punkt pomiarowy zaznaczono jako koleina prawa.

## Wyniki i ich analiza

Na rys. 1. przedstawiono wartości wilgotności zmierzone w wybranych punktach pomiarowych podłogi leśnych, po których prowadzono zrywkę drewna.

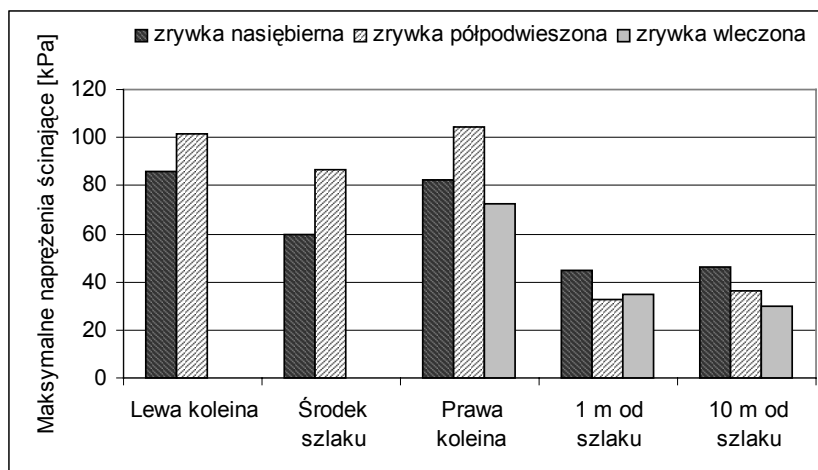


Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Wilgotność podłogi, po których prowadzono zrywkę drewna różnymi metodami  
Fig. 1. Humidity of grounds, on which the logging was carried out with different methods

Najwyższą wilgotnością cechowała się gleba w śladach zrywki (29-42)%, co wynikało z największego zagęszczenia gleby właśnie w tych miejscach i utrudnionej transpiracji. Można zauważyć, że wartości analizowanego parametru wykazywały znaczne zróżnicowanie w obrębie punktów pomiarowych. Wraz ze wzrostem odległości od szlaków zrywkowych obserwowano zmniejszające się uwilgotnienie podłoża przy każdej metodzie zrywki. Wysoka wilgotność podłoża podczas prowadzenia prac zrywkowych pozwala przypuszczać, że w wyniku przejazdu środków zrywkowych z surowcem drzewnym będzie prowadzić do znacznych zmian ich właściwości fizycznych i mechanicznych.

Na kolejnym rysunku zaprezentowano wyniki pomiarów maksymalnych naprężeń ścinających zmierzonych w przyjętych punktach pomiarowych dla analizowanych metod zrywki po jednokrotnym przejeździe analizowanych środków zrywkowych.



Źródło: opracowanie własne

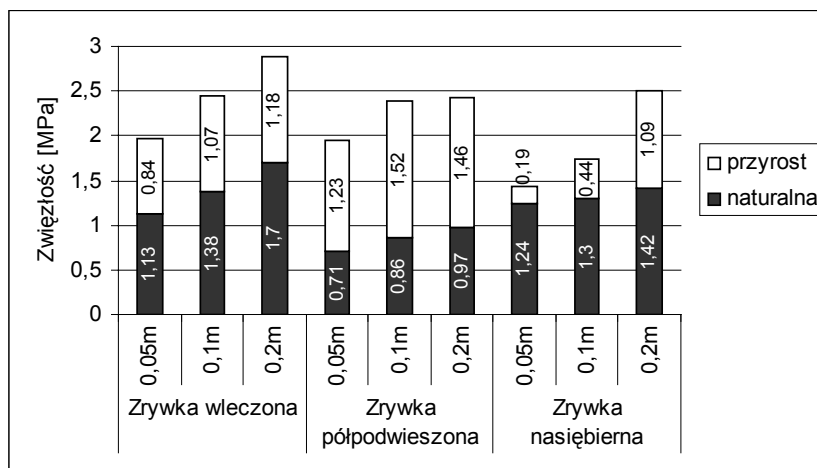
Rys. 2. Wartości maksymalnych naprężeń ścinających zmierzonych na głębokości 0,1 m w obranych punktach pomiarowych, dla różnych metod zrywki

Fig. 2. The maximum shear stress values measured at the depth of 0.1 m in the selected measurement points for different type of logging

Najwyższe wartości tego parametru stwierdzono w koleinach po LKT wykonującym zrywkę dłużycy w sposób półpodwieszony i kształtowały się one na poziomie nieco powyżej 100 kPa. W osi szlaku zrywkowego (trasie zrywanego drewna) wartości maksymalnych naprężeń ścinających kształtowały się na poziomie 90 kPa, co świadczy o tym, że nie tylko sam ciągnik, ale również transportowane drewno przyczynia się do znacznych przekształceń struktury gleby. W porównaniu do gleby nienaruszonej w procesie zrywki, na szlaku zrywkowym stwierdzono ponad trzykrotny wzrost wartości maksymalnych naprężeń ścinających. Na trasie przejazdu forwardera (o łącznej masie ciągnika z ładunkiem na poziomie 27 000 kg) cięższego o blisko 20 000 kg od LKT, wartości maksymalnych naprężeń ścinających zmierzone w koleinach wynosiły około 85 kPa. Pod kołami forwardera zaob-

serwowano dwukrotny wzrost wartości maksymalnych naprężeń ścinających w porównaniu do wartości uzyskanych w miejscach nie objętych pracami zrywkowymi. Na trasie zrywki wleczonej realizowanej koniem, wartości maksymalnych naprężeń ścinających były tylko o 10 kPa mniejsze niż w śladzie forwardera. Podkreślić należy, że forwarder w jednym przejeździe transportuje ładunek o masie 12000 kg, natomiast masa drewna wleczona przez konia jest nieporównywalnie mniejsza. Analizując prezentowany diagram można stwierdzić, że zasięg zmian właściwości podłoża w przypadku wszystkich ocenianych metod zrywki drewna ogranicza się w głównej mierze do szlaków, po których poruszają się środki zrywkowe.

Każde z analizowanych podłoży posiada odmienną zwięzłość, co wynika z odmiennych miejsc badań i swoistych cech badanych podłoży. Dlatego w celu wykazania w jakim zakresie środki zrywkowe zrywające drewno różnymi metodami powodują zmiany zwięzłości na rys. 3 przedstawiono zwięzłość gleby z wydzieleniem udziału zwięzłości przed przejazdem środka zrywkowego (naturalna) oraz po jego przejeździe (przyrost).



Źródło: opracowanie własne

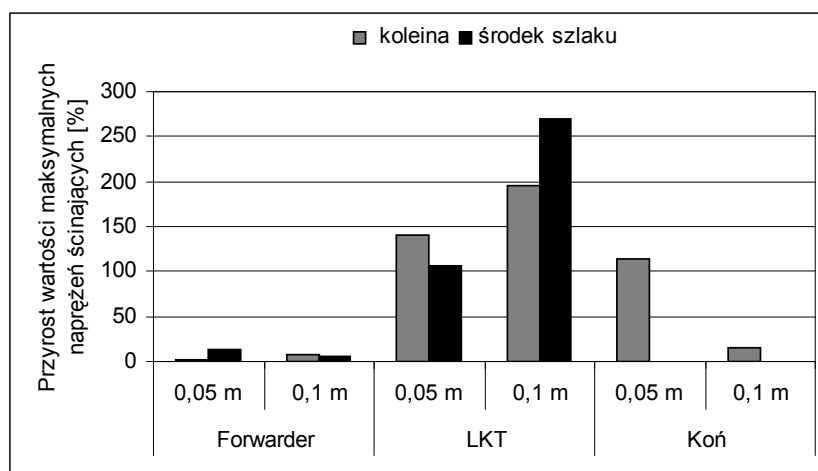
Rys. 3. Zwięzłość gleby w śladzie środka zrywkowego zmierzona na trzech różnych głębokościach przed oraz po wykonaniu zrywki

Fig. 3. Soil firmness in a trace of a logging mean, measured at three different depths before and shortly after logging

W przypadku wszystkich ocenianych metod zrywki drewna, można zauważyć wzrost zwięzłości gleby wraz z głębokością. Najniższe wartości zwięzłości stwierdzono w glebie pod forwarderem, natomiast najwyższe wartości tego parametru uzyskano na trasie zrywki wleczonej. Różnice zwięzłości uzyskanych na poszczególnych głębokościach dla badanych sposobów zrywki nie przekraczają 1 MPa. Zrywka półpodwieszona przyczynia się do największego (nawet 175%) przyrostu zwięzłości gleby. W wyniku zrywki wleczonej zwięzłość badanego podłoża wzrosła średnio dla badanych głębokości o około 75%. Zrywka

nasiębierna w spowodowała najmniejszy wzrost zwięzłości i wynosił on od 15 do 76% w zależności od głębokości.

W celu wykazania wpływu krotności przejazdu na wielkość zmian właściwości podłoża leśnych na poniższym rysunku zaprezentowano przyrosty procentowe wartości maksymalnych naprężeń ścinających zmierzonych na głębokości 0,05 m i 0,1 m po pięciu przejazdach środków zrywkowych w stosunku do wartości uzyskanych po jednokrotnym przejeździe.



źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Przyrost wartości maksymalnych naprężeń ścinających zmierzonych po pięciu przejazdach w stosunku do wartości uzyskanych po jednokrotnym przejeździe środka zrywkowego

Fig. 4. Increase of the maximum shear stresses values measured after five crossings in relation to the values obtained after one crossing of a logging mean

Jak wynika z prezentowanego diagramu w przypadku zrywki nasiębiernej forwarderem to pierwszy przejazd decyduje o wielkości zmian maksymalnych naprężeń ścinających. Kolejne przejazdy nie odgrywają już istotnej roli z punktu widzenia zmian maksymalnych naprężeń ścinających oraz zwięzłości. Liczba przejazdów ma natomiast duże znaczenie w przypadku zrywki półpodwieszanej. Po pięciu przejazdach ciągnikiem LKT stwierdzono przyrosty wartości maksymalnych naprężeń ścinających zmierzonych na głębokości 0,05 m na poziomie 140% w porównaniu wartości uzyskanych po jednym przejeździe, natomiast na głębokości 0,1 m nawet w granicach 270%. Znamiennym jest, że największy przyrost wartości analizowanego parametru stwierdzono w środku szlaku zrywkowego, co oznacza, że do największych przekształceń struktury gleby prowadzi transportowany ładunek drewna a nie, jakby się wydawać mogło, ciągnik. Po pięciokrotnym przejściu konia z ładunkiem stwierdzono 115% przyrost wartości maksymalnych naprężeń ścinających na głębokości 0,05 m, natomiast na głębokości 0,1 m przyrost ten wynosił już tylko 15%. Można z tego

wywnioskować, że w przypadku zrywki konnej pojedynczych dłużyc do największych uszkodzeń gleby dochodzi przede wszystkim w powierzchniowej warstwie.

W celu określenia wpływu krotności przejazdu badanych środków zrywkowych oraz metody zrywki na mierzone właściwości podłoża, uzyskane wyniki poddano wieloczynnikowej analizie wariancji na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ , której wyniki (wartości poziomów istotności) zestawiono w tabeli 2. Na podstawie wyników analizy statystycznej nie stwierdzono istotnego wpływu liczby przejazdów forwardera i konia na maksymalne naprężenia ścinające oraz zwięzłość badanych podłoży. Na wartości mierzonych parametrów istotnie wpływała liczba przejazdów ciągnika LKT. Wykazano również istotny wpływ sposobu zrywki na analizowane parametry gleby.

Tabela 2. Wyniki analizy statystycznej  
Table 2. Results of the statistical analysis

Zmienna		Maksymalne naprężenia ścinające	Zwięzłość
Krotność przejazdu	Forwarder	0,2496	0,2744
	LKT	0,0060	0,0277
	Koń	0,5437	0,1222
Metoda zrywki		0,0182	0,0140

*Źródło: opracowanie własne*

## Wnioski

1. Metoda zrywki drewna oraz zastosowany w niej środek zrywkowy wpływają istotnie na wartości maksymalnych naprężeń ścinających oraz zwięzłość podłoża leśnych. Do największych zmian struktury gleby prowadziła zrywka półpodwieszona przyczyniając się do największego (nawet 175%) przyrostu zwięzłości gleby oraz 280% przyrostu wartości maksymalnych naprężeń ścinających w porównaniu do gleby nienaruszonej. Najmniejszy negatywny wpływ na podłoże stwierdzono w przypadku zrywki nasiebiernej.
2. Zasięg zmian analizowanych właściwości gleby niezależnie od zastosowanego sposobu zrywki drewna ograniczał się głównie do miejsca bezpośredniego oddziaływania środka zrywkowego oraz transportowanego drewna.
3. Badania wykazały brak istotnego wpływu krotności przejazdu forwardera na wartości maksymalnych naprężeń ścinających oraz zwięzłości gleby. W przypadku zrywki ciągnikiem LKT oraz koniem wzrost liczby przejazdów skutkowało pogłębieniem się niekorzystnych zmian w glebie.

## Bibliografia

- Alakukku L., Weisskopf P., Chamen W.C.T., Tijink F.G.J., Linden J.P., Pires S., Sommer C, Spoor G. 2003. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review Part 1. Machine/soil interactions. Soil & Tillage Research 73. s.145-160.
- Ampoorter E., Goris R., Cornelis W.M., Verheyen K. 2007. Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. Forest Ecology and Management 241. s. 162-174.

- Dexter A.** 2004. International workshop on soil physical quality. *Soil and Tillage Research* 79(2). s. 129-282.
- Modrý M., Hubený D.** 2003. Impact of skider and high-lead system logging on forest soils and advanced regeneration. *Journal of forest science*. Nr 49. s. 273-280.
- Zastocki D.** 2003. Wpływ stosowanych przez Zakłady Usług Leśnych środków zrywkowych na uszkodzenia gleby i pozostających drzew w sosnowych drzewostanach przedrębnych. *Sylwan* Nr 4. s. 52-58.

## **ASSESSMENT OF CHANGES OF THE FOREST GROUNDS SELECTED PROPERTIES AT DIFFERENT METHODS OF LOGGING**

**Abstract.** The study presents results of the maximum shear stresses and firmness measures of the forest grounds, on which logging was carried out by means of cable logging, skidding logging and forwarding logging. The study examined whether and how the number of crossings, at various methods of logging, influences the changes of the analysed ground properties. The number of crossings of the LKT tractor on a logging route considerably influenced the values of the measured parameters. Considerable influence of the logging method on the analysed soil parameters was indicated.

**Key words:** forest ground, wood logging, physical properties, mechanical properties

**Adres do korespondencji:**

Anna Cudzik; e-mail: [anna.cudzik@up.wroc.pl](mailto:anna.cudzik@up.wroc.pl)  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław