

## KSZTAŁTOWANIE SIĘ WYBRANYCH CECH BIOMETRYCZNYCH DRZEW PRZY SZLAKACH ZRYWKOWYCH

Włodzimierz Stempski✉, Krzysztof Jabłoński, Paweł Ziolo, Damian Mordas

Katedra Techniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań

### ABSTRAKT

**Wstęp.** Wycięcie szlaku zrywkowego skutkuje zwiększonym dopływem światła słonecznego do koron drzew rosnących na jego granicy, co może wpływać na kształtowanie się ich cech biometrycznych. Celem pracy była ocena wpływu szlaków zrywkowych na pierśnice, wysokości oraz wysokości osadzenia i długości koron drzew w ich sąsiedztwie.

**Metody badań.** Pomiarami objęto drzewa rosnące na granicy szlaków, w odległości ok. 3 m od nich oraz w połowie odległości między dwoma sąsiednimi szlakami. Badania przeprowadzono 15 lat po wycięciu szlaków w 47-letnim drzewostanie sosnowym. Szlaki w momencie ich wycięcia miały szerokości 2,5 m (zrywka całych strzał ciągnikiem rolniczym) i 3,5 m (zrywka drewna stosowego forwarderem). W każdym wariancie szerokości pomiary wykonano przy pięciu szlakach zrywkowych.

**Wyniki.** W większości drzewa rosnące na granicy szlaków były grubsze i miały niżej osadzone dłuższe korony w stosunku do drzew rosnących głębiej w drzewostanie. Różnice były statystycznie istotne. W przypadku pierśnic w wariancie z szerszymi szlakami także drzewa w odległości około 3 m od szlaku były istotnie grubsze od drzew ze środka drzewostanu. Różnice między wysokościami drzew były minimalne, statystycznie nieistotne.

**Konkluzje.** Badania wykazały wpływ szlaków na pierśnice, wysokości osadzenia i długości koron drzew granicznych. Stwierdzony wpływ szerszych szlaków na pierśnice drzew w odległości około 3 m od szlaku i brak tego efektu w przypadku węższych szlaków pozwalają domniemywać istnienia wpływu szerokości szlaku na odległość, na jaką sięga jego oddziaływanie.

**Słowa kluczowe:** szlak zrywkowy, pierśnica, wysokość, długość korony

### WSTĘP

Dynamicznemu wzrostowi liczby specjalistycznych maszyn do pozyskiwania drewna w Polsce (harvesterów i forwarderów), którego początki sięgają lat 2005–2006 (Jodłowski i Moskalik, 2016; Mederski i in., 2016), towarzyszyło zwiększone zainteresowanie tematem dostępności dla nich powierzchni leśnych (szlakami zrywkowymi). Dane literaturowe wskazują, że zainteresowanie szlakami z reguły miało związek z mechanizacją pozyskiwania drewna. Tak było

na przykład w połowie lat 90., kiedy Lasy Państwowe zakupiły 15 forwarderów Timberjack 1010, które z uwagi na gabaryty wymagały szlaków do sprawnego poruszania się po lesie. Mimo że wówczas szlaki były stosowane zdecydowanie rzadziej niż obecnie, w literaturze dosyć często pojawiały się prace dotyczące wielu różnorodnych związanych z nimi zagadnień. Poruszano zarówno techniczne aspekty ich projektowania i wykonywania (Moskalik i Sadowski, 1995;

✉wlodzimierz.stempski@up.poznan.pl

Porter, 1995; Rzadkowski 1997a; 1997b; Sosnowski, 2002; Zarzycki, 1995a; 1995b; 1995c; 1995d), jak i środowiskowe aspekty wynikające z zastosowanej technologii (Laurow, 1996b; Paschalis, 1997; Paschalis i Porter, 1994; Porter, 1998; Suwała, 1995).

Przez wiele lat rola szlaków ograniczała się głównie do ułatwienia wjazdu do lasu maszynom do transportu (zrywki) drewna. Obecnie, głównie za sprawą harvesterów, na szlakach coraz częściej są wykonywane także operacje technologiczne (obróbkowe). To rozszerzenie roli szlaków spowodowało zmianę ich nazwy ze zrywkowych na operacyjne (Laurow, 1996a).

Głównymi parametrami opisującymi szlaki operacyjne są szerokość i odległości między nimi. Od tych parametrów zależy wielkość zarówno powierzchniowej, jak i miąższościowej oraz ilościowej redukcji potencjału produkcyjnego drzewostanu (Stempski, 2013). Wycięcie szlaku o określonej szerokości jest swoistym otwarciem drzewostanu, które powinno skutkować tzw. efektem brzegowym na jego granicy. Efekt ten wynika ze zwiększonej ilości światła docierającego do koron drzew znajdujących się na granicy szlaku, wskutek czego przrastają one szybciej od pozostałych (Horák i Novák, 2009; Stempski, 2013; Wallentin i Nilsson, 2011). Warto zwrócić uwagę, że efekt ten nie zawsze występuje lub jest wręcz przeciwny (Laurow, 1996b; Yilmaz i in., 2010).

Celem badań była ocena wpływu szlaków na kształtowanie się podstawowych cech biometrycznych drzew znajdujących się w ich bezpośrednim i dalszym sąsiedztwie.

## METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono jesienią 2015 roku w 47-letnim drzewostanie sosnowym zlokalizowanym we wschodniej części Puszczy Noteckiej, na terenie Nadleśnictwa Oborniki, RDLP Poznań (rys. 1). W drzewostanie tym w 1999 roku zaprojektowano i wycięto szlaki zrywkowe o początkowej minimalnej szerokości 2,5 m (wariant 2.5M – zrywka całych strzał ciągnikiem rolniczym) i 3,5 m (wariant 3.5M – zrywka drewna krótkiego forwarderem) w odległości co 30 m. W każdym wariantcie szerokości wycięto po pięć szlaków. Ze względu na przeprowadzone w późniejszym okresie kolejne trzebieże, w których do zrywki drewna



**Rys. 1.** Lokalizacja terenu badań  
**Fig. 1.** Location of the study area

zastosowano forwarder, rzeczywiste pomierzone szerokości szlaków w 2015 roku wynosiły 3,6 m.

Ocenianymi cechami biometrycznymi drzew były ich pierśnice, wysokości oraz wysokości osadzenia i długości koron (bezwzględne i względne). Cechy te analizowano na drzewach rosnących w sąsiedztwie szlaków – bezpośrednim (strefa 0–1 m – drzewa graniczne) i nieco dalszym (w odległości ok. 3 m od szlaku – strefa 2–4 m) oraz – jako pomiar kontrolny – w środku odległości między dwoma sąsiadującymi ze sobą szlakami (strefa 14–16 m). Pomiary pierśnic i wysokości drzew rosnących w sąsiedztwie szlaków (granicznych i w odległości 2–4 m) wykonano z lewej i prawej strony szlaków. Pomiary pierśnic wykonano średnicomierzem po najmniejszej i największej średnicy z dokładnością do 1 mm. Do pomiarów wysokości drzew i wysokości osadzenia koron (z dokładnością do 10 cm) zastosowano urządzenie TruPulse 360. Za wysokość osadzenia korony przyjmowano wysokość pierwszej żywej gałęzi. Pomiary pierśnic wykonano, w każdym wariantcie szerokości szlaków, przy wszystkich pięciu szlakach, natomiast pomiary wysokości na drzewach – przy jednym szlaku. W wariantcie 3.5M pomiary pierśnic wykonano na 683 drzewach, a pomiary wysokości na 135 drzewach, natomiast w wariantcie

2.5M liczby te wyniosły odpowiednio 695 i 131 drzew. Szerokości szlaków mierzono taśmą samozwijającą z dokładnością do 5 cm. Zastosowano metodykę, według której szerokość szlaku była sumą odległości od środka śladu po przejeździe maszyny zrywkowej (odciski lewych lub prawych kół) do najbliższego drzewa z lewej i prawej strony szlaku na 10-metrowym odcinku jego długości (Bobik, 2008). W pierwszej kolejności długość każdego szlaku podzielono na 10-metrowe odcinki, a następnie na każdym z nich zmierzono odległości do najbliższych drzew.

W pracach kameralnych policzono podstawowe miary położenia i rozproszenia analizowanych cech. Następnie oceniono istotności różnic wartości analizowanych cech w zależności od odległości drzew od szlaku. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji lub – przy niespełnieniu warunków dla analizy wariancji – test Kruskala-Wallisa. Obliczenia wykonano w pakiecie Statistica 12, przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI

Zarówno w wariancie 3.5M, jak i 2.5M stwierdzono zróżnicowanie grubości drzew spowodowane obecnością szlaków. W większości drzewa zlokalizowane na granicy szlaków miały pierśnice największe, a rosnące w połowie odległości między szlakami najmniejsze (tab. 1). Jedynie przy szlaku nr 1 w wariancie

3.5M i nr 2 w wariancie 2.5M stwierdzono większe pierśnice u drzew ze strefy środkowej niż ze strefy 2–4 m. W wariancie 3.5M także największymi wartościami odchyleń standardowych pierśnic cechowały się najczęściej drzewa na granicy szlaków (z wyjątkiem szlaku nr 3 – rys. 2), natomiast w wariancie 2.5M dotyczyło to tylko dwóch szlaków – nr 4 i 5 (rys. 3). Wariant 3.5M charakteryzował się generalnie większymi wartościami odchyleń standardowych wyników pierśnic – od 3,0 cm do prawie 4,2 cm, podczas gdy w wariancie 2.5M od 2,6 cm do 3,7 cm. Wyniki pierśnic z wszystkich szlaków wykazały w obydwu wariantach największą zmienność tej cechy u drzew granicznych (rys. 4).

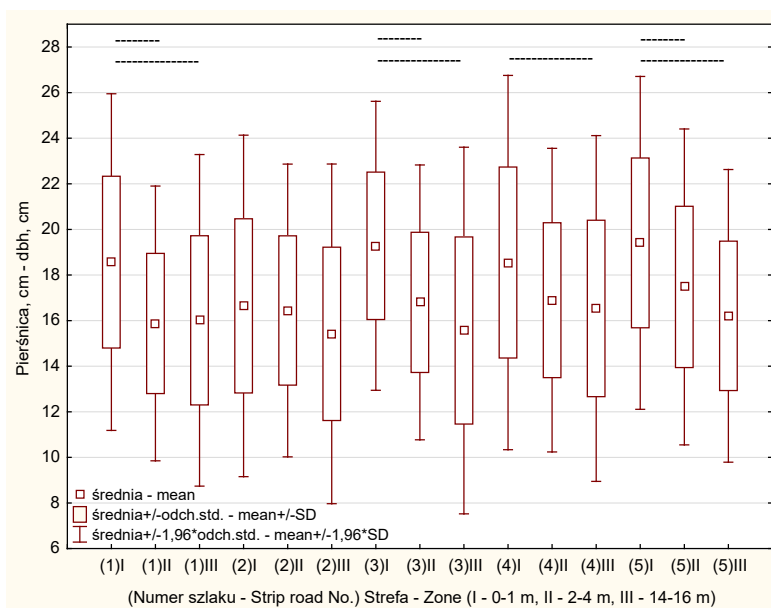
W obydwu wariantach najgrubsze drzewa rosły bezpośrednio przy szlakach, przy czym w wariancie 3.5M analiza wariancji wykazała statystycznie istotne różnice dla szlaków numer: 1 ( $p = 0,0006$ ), 3 ( $p = 0,0000$ ), 4 ( $p = 0,0316$ ) i 5 ( $p = 0,0000$ ); a w wariancie 2.5M – tylko dla pierwszego ( $p = 0,0341$ ). W wariancie 3.5M przy trzech szlakach drzewa były istotnie grubsze w porównaniu z drzewami z obydwu pozostałych stref, a przy jednym – tylko w stosunku do drzew ze strefy środkowej (rys. 2). W przypadku pierwszego szlaku w wariancie 2.5M drzewa przyszakowe były statystycznie istotnie grubsze tylko od drzew ze strefy środkowej (rys. 3). W wynikach ze wszystkich szlaków także stwierdzono różnice statystycznie istotne ( $p = 0,0000$  dla wariantu 3.5M i  $0,0001$  dla wariantu 2.5M). W wariancie 3.5M różnice występowały między wszystkimi strefami, a w wariancie 2.5M między strefą 0–1 m i pozostałymi dwiema (rys. 4).

Wysokości drzew, w przeciwieństwie do pierśnic, wykazywały zdecydowanie mniejsze zróżnicowanie wyników między strefami. W wariantcie 2.5M maksymalna różnica wyniosła 5 cm, zdecydowanie większa była w wariancie 3.5M – 15 cm (tab. 2). W tym wariancie drzewa ze strefy środkowej były wyższe o 14–15 cm od pozostałych, natomiast w wariancie 2.5M minimalnie wyższe (5 cm) od pozostałych były drzewa przyszakowe. Zróżnicowanie wyników wysokości drzew, wyrażone odchyleniem standardowym, było wyraźnie większe w wariancie 3.5M (rys. 5). Analiza statystyczna wykazała brak istotnych różnic w wartościach tej cechy między strefami zarówno w wariancie 3.5M ( $p = 0,4873$ ), jak i 2.5M ( $p = 0,9646$ ).

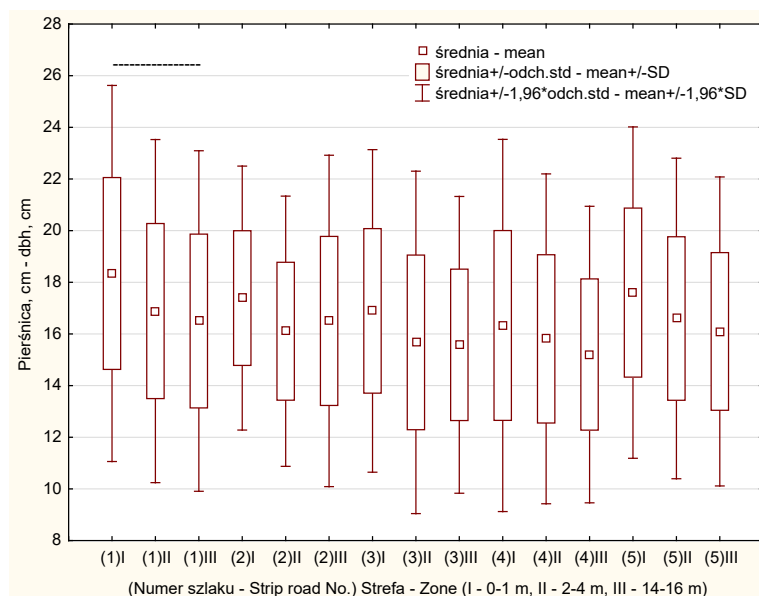
**Tabela 1.** Średnie wartości pierśnic drzew, cm

**Table 1.** Mean values of tree diameters at breast height, cm

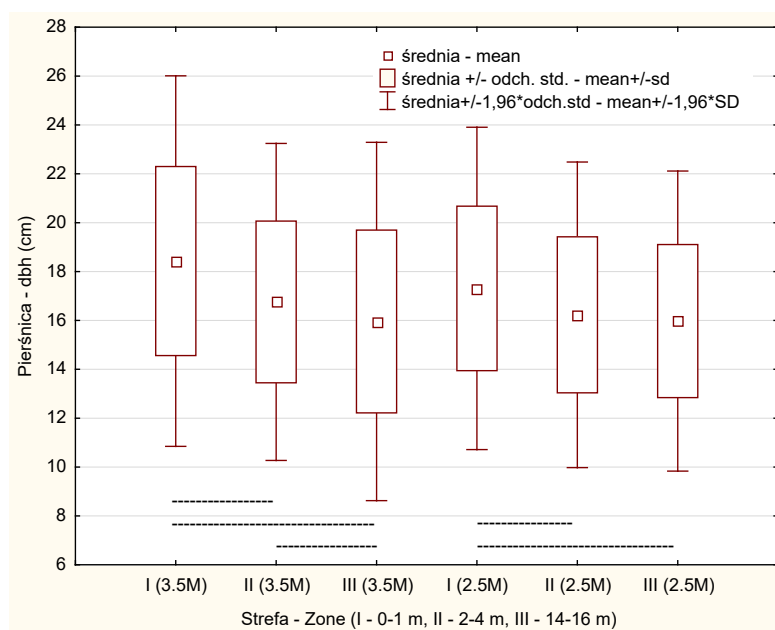
Strefa Zone m	Numer szlaku – Strip road no.					
	1	2	3	4	5	1–5
wariant 3.5M – 3.5M variant						
0–1	18,75	16,65	19,28	18,55	19,41	18,43
2–4	15,88	16,44	16,80	16,90	17,48	16,76
14–16	16,01	15,42	15,57	16,53	16,21	15,50
wariant 2.5M – 2.5M variant						
0–1	18,34	17,39	16,90	16,33	17,60	17,31
2–4	16,89	16,11	15,67	15,81	16,60	16,23
14–16	16,50	16,51	15,58	15,21	16,10	15,97



**Rys. 2.** Wykres pudełkowy rozkładu pierśnic przy poszczególnych szlakach w wariancie 3.5M (poziome linie przerywane – różnice statystycznie istotne)  
**Fig. 2.** Box plot for the dbh distributions for different strip roads in the 3.5M variant (horizontal dashed lines – statistically significant differences)



**Rys. 3.** Wykres pudełkowy rozkładu pierśnic przy poszczególnych szlakach w wariancie 2.5M (pozioma linia przerywana – różnica statystycznie istotna)  
**Fig. 3.** Box plot for the dbh distributions for different strip roads in the 2.5M variant (horizontal dashed line – statistically significant difference)

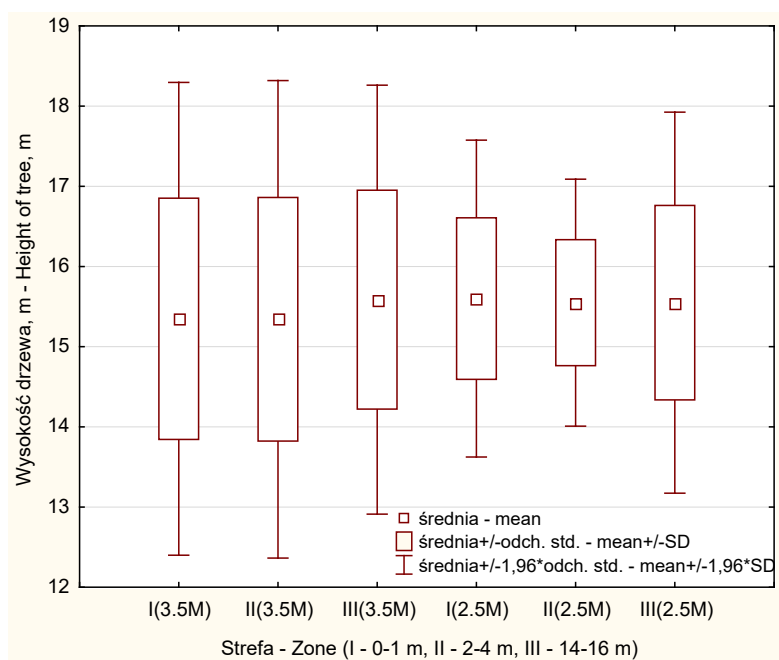


**Rys. 4.** Wykres pudełkowy rozkładu pierśnic w wariantach 3.5M i 2.5M – wyniki dla wszystkich szlaków (poziome linie przerywane – różnice statystycznie istotne)

**Fig. 4.** Box plot for the dbh distributions in the 3.5M and 2.5M variants – results for all strip roads (horizontal dashed lines – statistically significant differences)

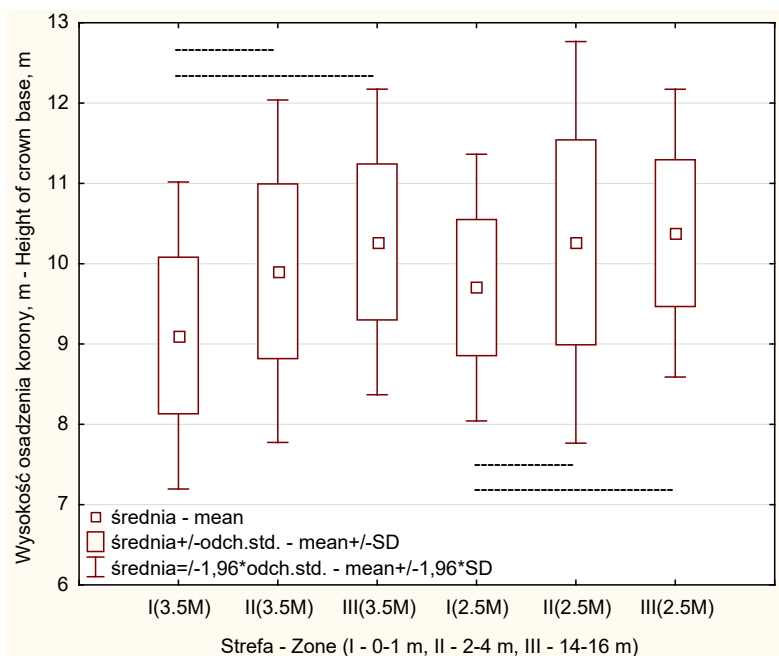
**Tabela 2.** Średnie wartości wysokości drzew, wysokości osadzenia i długości koron  
**Table 2.** Mean tree heights, heights of crown base and crown lengths

Strefa, m Zone, m	Wysokość, m – Height, m		Długość korony – Crown length	
	drzewa tree	osadzenia korony crown base	bezwzględna, m absolute, m	względna relative
wariant 3.5M – 3.5M variant				
0–1	15,35	9,11	6,24	0,40
2–4	15,34	9,91	5,44	0,35
14–16	15,59	10,27	5,32	0,34
wariant 2.5M – 2.5M variant				
0–1	15,60	9,70	5,90	0,38
2–4	15,55	10,27	5,28	0,34
14–16	15,55	10,38	5,17	0,33



**Rys. 5.** Wykres pudełkowy rozkładu wysokości drzew

**Fig. 5.** Box plot for tree height distributions



**Rys. 6.** Wykres pudełkowy rozkładu wysokości osadzenia koron (poziome linie przerywane – różnice statystycznie istotne)

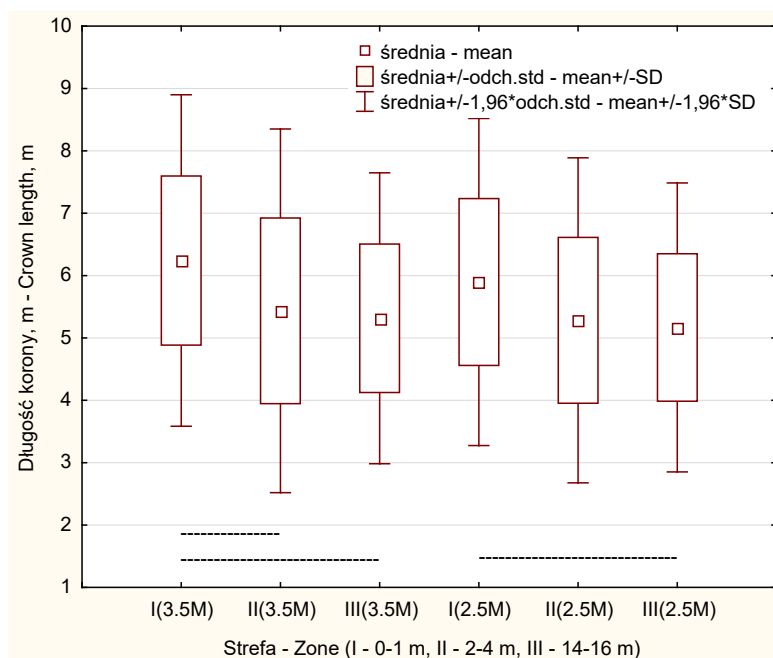
**Fig. 6.** Box plot for the distributions of the heights of tree crown bases distributions (horizontal dashed lines – statistically significant differences)

Najniżej umiejscowionymi koronami cechowały się, w obydwu wariantach, drzewa przyszlakowe (rys. 6), przy czym w wariacie 3.5M zaczynały się one o ponad pół metra niżej niż w wariacie 2.5M (9,11 m i 9,70 m – tab. 2). W tym wariacie także drzewa ze strefy 2–4 m i 14–16 m miały korony zlokalizowane niżej niż w wariacie 2.5M, przy czym różnice były zdecydowanie mniejsze (0,36 m w strefie 2–4 m i tylko 0,12 m w strefie 14–16 m). Największą zmienność wyników tej cechy (szczególnie wyraźną w wariacie 2.5M) miały drzewa ze strefy 2–4 m (rys. 6).

Analiza statystyczna wyników wysokości początków koron wykazała istotne różnice w wartościach tej cechy spowodowane odległością drzew od szlaku. Dotyczyło to zarówno wariantu 3.5M ( $p = 0,0000$ ), jak i 2.5M ( $p = 0,00290$ ). W obydwu drzewa graniczne miały statystycznie istotnie niżej osadzone korony niż drzewa z pozostałych stref (rys. 6).

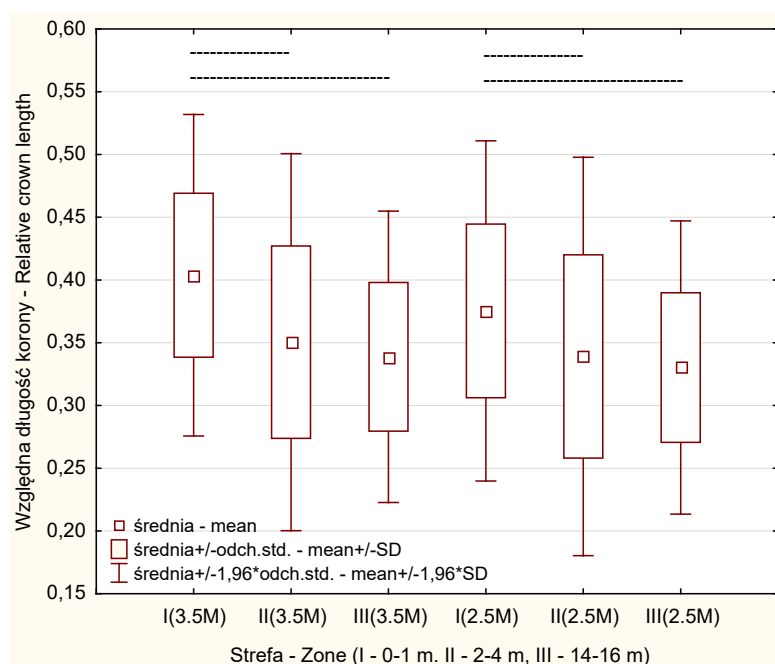
Najniższe umiejscowienie początków koron drzew granicznych, przy wysokościach porównywalnych z drzewami pozostałych stref, spowodowało, że miały

one najdłuższe korony. Prawidłowość ta dotyczyła obydwu wariantów, przy czym nieznacznie większe wartości zarówno względnych, jak i bezwzględnych długości koron stwierdzono w wariacie 3.5M (tab. 2). Wariant ten charakteryzował się także nieznacznie większymi wartościami odchyłeń standardowych wyników bezwzględnych długości koron w porównaniu z wariantem 2.5M (zwłaszcza w strefie 2–4 m – rys. 7). Odchylenia standardowe względnych długości koron były w obydwu wariantach na podobnym poziomie, przy czym największe ich wartości dotyczyły także drzew ze strefy 2–4 m (rys. 8). Statystyczna weryfikacja wyników długości koron wykazała, że między strefami zachodzą istotne różnice ( $p = 0,0019$  i  $0,0000$  odpowiednio dla bezwzględnych i względnych długości koron w wariacie 3.5M oraz  $0,0263$  i  $0,0104$  w wariacie 2.5M). Podobnie jak w przypadku wysokości osadzenia koron, różnice występowały najczęściej między strefą 0–1 m i pozostałymi (rys. 7, 8). Jedynie w bezwzględnych długościach koron w wariacie 2.5M różnice wystąpiły tylko między strefą 0–1 m i 14–16 m (rys. 7).



**Rys. 7.** Wykres pudełkowy rozkładu bezwzględnych długości koron (poziome linie przerywane – różnice statystycznie istotne)

**Fig. 7.** Box plot for tree crown length distributions in absolute values (horizontal dashed lines – statistically significant differences)



**Rys. 8.** Wykres pudełkowy rozkładu względnych długości koron (poziome linie przerywane – różnice statystycznie istotne)

**Fig. 8.** Box plot for tree crown length distributions in relative values (horizontal dashed lines – statistically significant differences)

## DYSKUSJA

Badania wykazały statystycznie istotne różnice w wartościach pierśnic drzew, wysokości osadzenia i długości koron wynikające z obecności szlaków. Drzewa przyszlakowe były grubsze, miały niżej osadzone dłuższe korony w stosunku do pozostałych. Nie stwierdzono natomiast różnic w wysokości drzew. Zwiększone pierśnice drzew brzegowych wykazali w badaniach także: Bucht (1977), Isomäki i Niemistö (1990), Kremer i Matthies (1997), Mäkinen i in. (2006). Efektu zwiększonego przyrostu pierśnic nie uzyskał Suwała (2007), który zastosował w badaniach wariant identyczny do wariantu 3.5M, ale w starszych drzewostanach sosnowych. Wymieniony autor oceniał pierśnice na drzewach w odległości 0–5 m, 5–15 m i 15–30 m od szlaku. Podobne rezultaty uzyskali Yilmaz i in. (2010), którzy prowadzili badania na plantacji jodły *Abies bornmulleriana*, na drzewach rosnących tuż przy szlaku i w odległości 30 m od niego. Badacze wykazali, że

drzewa rosnące przy szlakach miały pierśnice o 10% mniejsze niż rosnące w głębi plantacji.

W badaniach nie stwierdzono różnic w wysokościach drzew wynikających z odległości od szlaku zrywkowego. Niewielkie różnice wprawdzie występowały, ale były nieistotne statystycznie. Podobne rezultaty w drzewostanach świerkowych w Republice Czeskiej uzyskali Horák i Novák (2009). Powszechnie uważa się, że zwiększony dostęp światła do koron drzew (np. wskutek wycięcia szlaków zrywkowych) hamuje ich przyrost na wysokość. Nie potwierdziły tego wyniki zarówno badaczy czeskich, jak i zaprezentowane w niniejszej pracy. Rezultaty zgodne z powyższym poglądem uzyskali natomiast Giefing i in. (2003), którzy wykazali zmniejszanie się wysokości drzew przy szlakach w miarę zwiększania ich szerokości.

Wycięcie szlaku zrywkowego powoduje przerwanie zwarcia, co spowalnia proces oczyszczania się drzew, co potwierdziły wyniki dotyczące wysokości osadzenia koron. Drzewa przyszlakowe miały



statystycznie istotnie niżej rozpoczynające się korony w porównaniu z drzewami rosnącymi w obydwu pozostałych strefach. Zjawisko było widoczne w jednym i drugim wariantcie, przy czym w wariantcie z wyciętymi w 1999 roku szerszymi szlakami różnica między drzewami ze stref 0–1 m i 2–4 m była większa niż w wariantcie, w którym szlaki były na początku węższe (odpowiednio 80 cm i 57 cm). Do podobnych wniosków doszli Giefing i in. (2003), którzy także zaobserwowali odwrotną zależność między szerokością szlaku i wysokością pierwszego żywego okółka.

Wpływ szlaków zrywkowych stwierdzono w odniesieniu do długości koron. W obydwóch wariantach korony drzew granicznych były statystycznie istotnie dłuższe od koron drzew ze strefy kontrolnej, a w wariantcie 3.5M także drzew ze strefy 2–4 m. Podobne wyniki uzyskali cytowani już wcześniej Horák i Novák (2009). Dłuższe korony drzew granicznych ze szlakiem są korzystne z punktu widzenia stabilności drzew (Gil i Zachara, 2006), natomiast zjawiskiem niekorzystnym jest brak dla nich oparcia w bezpośrednim sąsiedztwie (Valinger i Fridman, 1997).

## PODSUMOWANIE

1. Obecność szlaków zrywkowych wpłynęła na różnicowanie się większości analizowanych cech biometrycznych drzew rosnących w ich sąsiedztwie.

2. Drzewa przyszlakowe cechowały się statystycznie istotnie większymi pierśnicami oraz niżej osadzonymi i jednocześnie dłuższymi koronami.

3. Rezultaty dotyczące pierśnic na wszystkich szlakach w wariantcie 3.5M wskazują, że wpływ szlaków dotyczył nie tylko drzew granicznych, ale także w odległości 2–4 m. Brak tego efektu w wariantcie 2.5M wskazuje na wpływ szerokości szlaku na odległość jego oddziaływania.

## PIŚMIENICTWO

Bobik, M. (2008). Damages to residual stand in commercial thinnings. Swedish University of Agricultural Sciences. Master Thesis no. 127. Southern Swedish Forest Research Centre, Alnarp.

Bucht, S. (1977). Vad kostar stickvägarna i tillväxt? [The influence of strip roads on increment at the first thinning in Scots pine forests?]. *Skogen*, 6(21), 218–222.

Giefing, D. F., Karaszewski, Z., Ziemiński, Z. (2003). Wpływ szlaków zrywkowych założonych w czasie czyszczeń późnych na kształtowanie się niektórych cech drzew [The effect of strip roads established during late cleanings on selected parameters of trees]. *Sylvan* 3, 11–18 [in Polish].

Gil, W., Zachara, T. (2006). Analiza szkód od wiatru w wybranych drzewostanach świerkowych i sosnowych [Analysis of wind damage in selected spruce and pine stands]. *Leśn. Pr. Bad.*, 4, 77–99 [in Polish].

Horák, J., Novák, J. (2009). Effect of stand segmentation on growth and development of Norway spruce stand. *J. For. Sci.*, 55(7), 323–329. <https://doi.org/10.17221/61/2008-JFS>

Isomäki, A., Niemistö, P. (1990). Effects of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in southern Finland. *Folia For.*, 756, 1–36.

Jodłowski, K., Moskalik, T. (2016). Uszkodzenia drzew i gleby w procesie pozyskiwania drewna. Biblioteczka Leśniczego, 381. Warszawa.

Kremer, J., Matthies, D. (1997). Auswirkungen der Befahrung auf das Wachstum der forstlichen Vegetation. *Allg. Forst Zeit. Wald*, 9, 474–477.

Laurov, Z. (1996a). Szlaki zrywkowe w procesie pozyskiwania drewna. Część I. Definicje i znaczenie [Strip roads in the process of wood harvesting. Part I. Definitions and meaning]. *Przegl. Tech. Roln. Leśn.*, 5, 17–18 [in Polish].

Laurov, Z. (1996b). Szlaki zrywkowe w procesie pozyskiwania drewna. Część II. Szlak a środowisko [Strip roads in the process of wood harvesting. Part II. The strip road and the environment]. *Przegl. Tech. Roln. Leśn.*, 6, 23–25 [in Polish].

Mäkinen, H., Isomäki, A., Hongisto, T. (2006). Effect of half-systematic and systematic thinning on the increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. *Forestry*, 79(1), 103–121. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpi061>

Mederski, P. S., Karaszewski, Z., Rosińska, M., Bembenek, M. (2016). Dynamika zmian liczby harwesterów w Polsce oraz czynniki determinujące ich występowanie [Dynamics of harvester fleet changes in Poland and factors determining machine distribution]. *Sylvan*, 160(10), 795–804 [in Polish].

Moskalik, T., Sadowski, J. (1995). Rola szlaków zrywkowych w tradycyjnych i zmodernizowanych technologiach pozyskiwania drewna w trzebieżach wczesnych w warunkach nizinnych. W: K. Pieńkos (red.) *Proekologiczne i produkcyjne funkcje szlaków operacyjnych we*

- współczesnej gospodarce leśnej (s. 31–35). Warszawa: Fund. „Rozwój SGGW”.
- Paschalis, P. (1997). Założenia do zasad użytkowania lasu w koncepcji trwałego i zrównoważonego gospodarowania lasami [Assumptions for forest utilisation principles in the concept of sustainable forestry]. *Sylvan*, 1, 49–56 [in Polish].
- Paschalis, P., Porter, B. (1994). Próba oceny uszkodzeń drzew w wyniku prac zrywkowych w sosnowych drzewostanach przedrębnych [An attempt at assessment of tree injuries as resulting from skidding operations in premature Scott pine stands]. *Sylvan*, 9, 17–21 [in Polish].
- Porter, B. (1995). Udostępnianie drzewostanów szlakami zrywkowymi. W: K. Pieńkos (red.) *Proekologiczne i produkcyjne funkcje szlaków operacyjnych we współczesnej gospodarce leśnej* (s. 57–63). Warszawa: Fund. „Rozwój SGGW”.
- Porter, B. (1998). Ekologiczne aspekty prac zrywkowych [Ecological aspects of wood extraction]. *Przegl. Tech. Roln. Leśn.*, 7, 17–19 [in Polish].
- Rzadkowski, S. (1997a). Leśne szlaki operacyjne. *Las Pol.*, 9, 19–20.
- Rzadkowski, S. (1997b). Projektowanie i wykonywanie szlaków operacyjnych w terenach nizinnych i pagórkowatych. *Las Pol.*, 10, 19–21.
- Sosnowski, J. (2002). Szlaki zrywkowe w proekologicznym gospodarstwie leśnym. Część II – Projektowanie, wykonawstwo i użytkowanie szlaków zrywkowych [Strip roads and ecological forestry. Part II. Designing, execution and utilisation of strip roads]. *Sylvan*, 9, 93–99 [in Polish].
- Stempski, W. (2013). Wpływ szlaków zrywkowych na potencjał produkcyjny drzewostanu, cechy biometryczne i przyrosty drzew oraz wybrane wskaźniki jakości technicznej drewna drzew na pniu. *Rozpr. Nauk. 464*. Poznań: Wyd. UPP.
- Suwała, M. (1995). Wpływ wybranych metod i środków pozyskiwania drewna na uszkodzenia nadziemnych części drzew oraz powierzchniowych warstw gleby w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych [Damage to above-ground parts of trees and soil surface changes at late thinnings in pine tree stands]. *Pr. Inst. Bad. Leśn. Ser. A*, 786, 59–71 [in Polish].
- Suwała, M. (2007). Wpływ uszkodzeń gleby przy pozyskiwaniu drewna w drzewostanach sosnowych w trzebieżach późnych na przyrosty drzew [Effect of soil disturbances by wood harvesting in late thinnings of pine stands on tree increment]. *Leśn. Pr. Bad.*, 3, 99–116 [in Polish].
- Valinger, E., Fridman, J. (1997). Modeling probability of snow and wind damage in Scots pine stands using tree characteristics. *For. Ecol. Manag.*, 97, 215–222. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00062-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00062-5)
- Wallentin, C., Nilsson, U. (2011). Initial effect of thinning on stand gross stem-volume production in a 33-year-old Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stand in Southern Sweden. *Scand. J. For. Res.*, 26, 21–35. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.564395>
- Yilmaz, E., Makineci, E., Demir, M. (2010). Skid road effects on annual ring widths and diameter increment of fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.) trees. *Transp. Res., Part D*, 15, 350–355. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.02.007>
- Zarzycki, S. (1995a). Odstępy i szerokość szlaków zrywkowych. *Przegl. Leśn.*, 1, 16.
- Zarzycki, S. (1995b). Zasady projektowania sieci szlaków zrywkowych i składnic przyrębowych. W: K. Pieńkos (red.) *Proekologiczne i produkcyjne funkcje szlaków operacyjnych we współczesnej gospodarce leśnej* (s. 78–85). Warszawa: Fund. „Rozwój SGGW”.
- Zarzycki, S. (1995c). Projektowanie sieci szlaków zrywkowych i składnic przyrębowych w terenie nizinnym. *Las Pol.*, 12, 16–18.
- Zarzycki, S. (1995d). Projektowanie sieci szlaków zrywkowych i składnic przyrębowych w terenie górskim. *Las Pol.*, 23, 4–7.

## SELECTED BIOMETRICAL TRAITS OF TREES AT STRIP ROADS

### ABSTRACT

**Introduction.** Cutting a strip road results in an increased influx of sunlight to tree crowns at the strip road border, which may affect the biometrical characteristics of trees growing along strip roads. The purpose of the study was to assess the influence of strip roads on diameters at breast height, tree heights, crown base heights and crown lengths in trees at the strip roads.

**Methods.** The measurements comprised trees growing on the strip road border at a distance of 3 m from the strip roads and half way between two neighbouring strip roads (the control). The measurements were conducted in a 47-year old pine stand, 15 years after the strip roads had been cut. The strip roads were originally 2.5 m wide (long stems were skidded with an agricultural tractor) and 3.5 m wide (extraction of short wood with a forwarder). In each strip road width variant the measurements were replicated on five strip roads.

**Results.** In a majority of cases the trees growing at the edge of the strip roads were thicker, their crowns were set lower and they were longer than those in trees growing deeper in the stand. The differences were statistically significant. In the case of diameters at breast height in the variant with the wider strip roads also trees growing at a distance of 3 m from the strip road edge were significantly thicker than those growing deeper in the stand. Differences in tree heights were small and statistically non-significant.

**Conclusions.** The study confirmed the effect of strip roads on diameters at breast height, height of the tree crown base and crown length on the edge trees. The confirmed effect of wider strip roads on diameters at breast height at a distance of 3 m from the strip roads and a lack of such an effect for narrower strip roads indicates that the width of strip roads affects the distance up to which the tree biometrical traits are affected.

**Keywords:** strip road, tree height, diameter at breast height, crown length