

# Kształtowanie się szerokości przyrostów rocznych i wytrzymałości na zginanie statyczne drewna kasztanowców białych (*Aesculus hippocastanum* L.) w warunkach środowiska miejskiego

Radosław Wąsik, Anna Barszcz, Krzysztof Michalec

**Abstrakt:** W pracy przedstawiono wyniki badań szerokości przyrostów rocznych oraz wytrzymałość na zginanie statyczne drewna kasztanowców białych, rosnących w warunkach środowiska miejskiego. Z pni trzech drzew pobrano wyrzynki, które podzielono na promieniowo przebiegające deski. Z desek wycięto belki, reprezentujące 4 poziomy (A, B, C i D), zawierające drewno, wytworzone w różnym okresie życia drzew. Poziom A zawierał najmłodsze (przyobwodowe) przyrosty, poziom D – najstarsze. W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że najmłodsze przyrosty drewna były istotnie węższe od przyrostów starszych. Nie stwierdzono istotnych różnic wytrzymałości na zginanie statyczne pomiędzy drewnem najmłodszym a starszym.

**Słowa kluczowe:** kasztanowiec biały, drewno, przyrosty roczne, wytrzymałość na zginanie statyczne, środowisko miejskie.

**Abstract:** **Formation of the annual rings width and bending strength of horse chestnuts wood (*Aesculus hippocastanum* L.) in urban environment.** The paper presents the results of research of annual rings width and bending strength of wood of horse chestnut trees, growing under unfavourable conditions of the urban environment. The blocks were taken from the trunks of the trees, and were divided into radial boards. From the boards were cut beams, representing 4 levels (A,B,C and D) containing wood, produced in the different periods of the trees life. Level A included the youngest (round-the-girth) rings, level D – the oldest. The analyzes found that the youngest rings of wood were significantly smaller than the older ones. There were no significant differences in bending strength between the youngest and the older wood.

**Key words:** horse chestnut, wood, annual rings, bending strength, urban environment.

## Wstęp

Jednym z wielu gatunków drzew obcego pochodzenia rosnących na terenie Polski jest kasztanowiec biały (*Aesculus hippocastanum* L.). Drzewo to jest częstym elementem krajozbrazu miejskiego, spotkać je bowiem można między innymi w parkach, na cmentarzach oraz na przydrożnych pasach zieleni. Wzrastając w warunkach miejskich, kasztanowce narażone są na

szereg niekorzystnych czynników takich jak zanieczyszczenia powietrza czy zasolenie gleby. W ostatnich latach pojawił się w Europie i Polsce jeszcze jeden ważny czynnik wywołujący stres u kasztanowców – szrotówek kasztanowcowiaczek (*Cameraria ohridell* Deschka&Dimic 1986). Larwy tego motyla żerując na liściach powodują niekiedy całkowitą defoliację drzew (Łabanowski 2004). Stres, jakim dla kasztanowców jest przedwczesna utrata aparatu asymilacyjnego, ma swoje odzwierciedlenie w zmniejszonych szerokościach przyrostów radialnych, wytworzonych w okresie działalności foliofaga. Depresje szerokości słoju rocznych w latach 1997–2005 u kasztanowców rosnących w Krakowie wykazali Bednarz i Scheffler (2008). W grupie drzew iglastych bądź liściastych o pierścieniowo-naczyniowej budowie drewna zmiany szerokości przyrostów rocznych powodują dające się zazwyczaj przewidzieć konsekwencje w jego właściwościach fizycznych i mechanicznych. U tych drzew przyrost roczny składa się bowiem z dwóch wyraźnie odmiennych pod względem struktury stref: porowatego drewna wczesnego, charakteryzującego się niższą gęstością oraz zwarteo drewna późnego o gęstości wyższej. Szerokość przyrostów rocznych jest tu związana z udziałem obu stref w słoju rocznym, przez co wpływa również na gęstość drewna. Ta ostatnia jest natomiast jednym z najważniejszych czynników kształtujących mechaniczne właściwości drewna. W przypadku gatunków liściastych o rozpięchło-naczyniowej budowie drewna, do których zalicza się między innymi kasztanowca białego, związki między szerokością słoju a gęstością drewna nie są tak wyraźne. W obrębie tej grupy drzew wskazuje się zarówno na istnienie (Lachowicz 2011), jak i brak takich związków (Niedzielska, Wąsik 1998; 2000). W tym kontekście wyniki przedstawione we wspomnianej wcześniej pracy Bednarza i Schefflera (2008), wskazującej na wyraźną w ostatnich latach depresję szerokości słoju rocznych krakowskich kasztanowców białych, stały się impulsem do podjęcia w Katedrze Użytkowania Lasu i Drewna badań wybranych właściwości mechanicznych drewna tego gatunku. Biorąc pod uwagę liczną obecność kasztanowców w miastach oraz występujące coraz częściej w Polsce ekstremalne zjawiska pogodowe, którym towarzyszy silny wiatr, istotnym z praktycznego punktu widzenia wydaje się pytanie, czy stwierdzone w ostatnich latach zmiany szerokości słoju rocznych kasztanowców wpływają na właściwości mechaniczne tkanki wytworzonej w tym okresie. W niniejszym opracowaniu przedstawiono wstępne wyniki badań wytrzymałości drewna na zginanie statyczne, jednej z najważniejszych właściwości mechanicznych, decydujących o statyce drzew.

Celem pracy była analiza kształtowania się szerokości przyrostów rocznych i wytrzymałości na zginanie statyczne drewna kasztanowców białych, rosnących w warunkach środowiska miejskiego Krakowa.

## **Materialy i metody**

Materiał do badań pobrano z pni trzech kasztanowców białych, które zostały usunięte w roku 2006 z przydrożnego pasa zieleni w trakcie prac związanych z przebudową al. 29 Listopada w Krakowie. Przed usunięciem na pniu każdego drzewa zaznaczono trwale pierśnicę (wysokość 1,3 m od podłoża). Po ścięciu drzew z ich pni pozyskano ok. 0,5 m długości wyrzynki, których środek długości stanowiła zaznaczona uprzednio pierśnica. Wyrzynki sezonowano w zamkniętym pomieszczeniu, następnie z każdego z nich wycięto promieniowe deski o grubości w kierunku stycznym ok. 3 cm; z każdego wyrzynka starano się pozyskać maksymalną ich ilość. Deski te pocięto następnie na fragmenty o szerokości w kierunku promieniowym ok. 3 cm, które nazwano „poziomami”. Uzyskano w ten sposób z każdej deski maksymalnie

4 poziomy, nadając im symbole A, B, C i D. Poziom A umiejscowiony był tuż pod korą i obejmował najmłodsze przyrosty roczne. Poziomy: B, C oraz D zawierały drewno odpowiednio coraz starsze. Każdy fragment drewna był czterostronnie strugany oraz docinany na długość, by uzyskane w wyniku tych operacji belki miały wymiary przekroju poprzecznego ok. 2x2 cm oraz długość ok. 30 cm. Jedno czoło każdej z belek zostało przycięte ostrym nożem w celu uwydatnienia granic przyrostów rocznych, następnie granice te były zaznaczane ołówkiem w trakcie obserwacji pod lupą binokularną. Czoła belek z zaznaczonymi granicami słoików skanowano z rozdzielczością 2400 dpi, a na uzyskanych obrazach elektronicznych, przy pomocy programów CooRecorder 7.6 oraz CDendro 7.6 (Cybis Elektronik & Data AB 2012a,b) dokonano pomiaru szerokości przyrostów rocznych. Następnie przeprowadzono próby wytrzymałościowe drewna na zginanie statyczne przy pomocy maszyny MTS INSIGHT 2. Siła nacisku mierzona była z dokładnością 0,001 N. Po złamaniu belki wytrzymałość drewna na zginanie statyczne obliczano z poniższego wzoru (PN-77-D-04103:1978a):

$$\sigma_w = \frac{3 \cdot P_{\max} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

gdzie:

- $\sigma_w$  – wytrzymałość na zginanie statyczne drewna o danej wilgotności w chwili badania,
- $P_{\max}$  – maksymalna siła niszcząca [N],
- $l$  – rozstaw podpór [mm],
- $b$  – podstawa belki [mm],
- $h$  – wysokość belki [mm].

Bezpośrednio po próbie wytrzymałościowej każdą złamaną belkę umieszczano w naczyniu wagowym i ważono na wadze laboratoryjnej o dokładności 0,001 g, następnie suszono w suszarce z termostatem, w temperaturze  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  do stanu absolutnie suchego i ponownie ważono. Na podstawie uzyskanych danych obliczono wilgotność bezwzględną drewna belki w chwili przeprowadzania próby wytrzymałościowej w oparciu o normę PN-77-D-04100 (1978b). Kolejnym krokiem było wyliczenie wytrzymałości na zginanie statyczne dla drewna o wilgotności 12% wg poniższego wzoru (PN-77-D-04103:1978a):

$$\sigma_{12} = \sigma_w [1 + \alpha(W - 12)]$$

- gdzie:  $\sigma_{12}$  – wytrzymałość na zginanie statyczne dla drewna o wilgotności 12%,  
 $\sigma_w$  – wytrzymałość na zginanie statyczne drewna o wilgotności  $W$ , w chwili badania,  
 $W$  – wilgotność drewna w chwili badania,  
 $\alpha$  – współczynnik przeliczeniowy;  $\alpha = 0,04$ .

Dane uzyskane w wyniku powyższych obliczeń wytrzymałości na zginanie statyczne drewna dla wilgotności 12% stanowiły podstawę dla dalszych analiz.

Szerokości przyrostów rocznych oraz wytrzymałości na zginanie statyczne zestawiono, obliczono średnie i współczynniki zmienności dla poszczególnych drzew oraz dla całości badanego materiału. W analizach statystycznych wykorzystano następujące procedury (Stanisz 1998; StatSoft, Inc. 2011):

- zgodność rozkładów danych empirycznych z rozkładem normalnym oceniano testem Shapiro-Wilka,
  - jednorodność wariancji weryfikowano przy użyciu testu Levene'a,
  - przy spełnionych założeniach testu parametrycznego istotność różnic testowano przy wykorzystaniu analizy wariancji, przy niespełnionych założeniach testu parametrycznego – testu Kruskala-Wallisa,
  - dla oceny, które z porównywanych grup danych są odpowiedzialne za odrzucenie hipotezy zerowej, wykorzystano odpowiednio testy: Scheffego lub wielokrotnych porównań.
- Przy testowaniu hipotez statystycznych przyjmowano poziom istotności  $p \leq 0,05$ .

## Wyniki

Ogółem przeprowadzono pomiary szerokości przyrostów rocznych oraz dokonano prób wytrzymałościowych na zginanie statyczne drewna dla 95 belek pobranych z pni trzech kasztanowców białych. Poziom A, obejmujący najmłodsze, tj. przyobwodowe przyrosty roczne, reprezentowany był przez 31 belek, poziom B – 31 belek, C – 22 belki oraz poziom D – 11 belek. Różnice w ilości belek reprezentujących poszczególne poziomy wynikały z konieczności odrzucenia niektórych z nich ze względu na obecność zgnilizny wewnętrznej, obejmującej często drewno najstarszych przyrostów poziomu D, a niekiedy również poziomu C.

Z tabeli 1 wynika, że analizowane zarówno w odniesieniu do pojedynczego drzewa jak i zbiorczo dla całości badanego materiału wartości średnie szerokości przyrostów rocznych zmniejszały się w kierunku od słoju najstarszych poziomu D do najmłodszych poziomu A.

W stosunku do poziomu A średnie szerokości przyrostów rocznych poziomu B były bowiem wyższe o 58%, poziomu C – ponaddwukrotnie, zaś poziomu D – o ponad 180%. Średnia szerokość przyrostów rocznych poziomu A była dla każdego badanego drzewa podobna i nie różniła się więcej niż o 0,06 mm. Większe różnice średnich pomiędzy drzewem nr 1 a pozostałymi dwoma drzewami zaobserwowano w poziomach B, C i D. Widoczne są one zwłaszcza w odniesieniu do poziomu D, gdzie średnia szerokość słoju drzewa nr 1 jest w porównaniu z drzewem nr 2 niższa o 47%, zaś z drzewem nr 3 niższa ponaddwukrotnie.

**Tab. 1.** Szerokość przyrostów rocznych drewna badanych kasztanowców  
*Table 1. Annual rings width of investigated horse chestnut's wood*

Numer drzewa	Rodzaj statystyki	Poziom							
		A		B		C		D	
		N [szt.]	Sp [mm]	N [szt.]	Sp [mm]	N [szt.]	Sp [mm]	N [szt.]	Sp [mm]
1	$X_{sr}$	<b>20</b>	<b>1,09</b>	<b>16</b>	<b>1,43</b>	<b>13</b>	<b>1,85</b>	<b>12</b>	<b>1,96</b>
	V [%]	12,6	13,5	20,6	29,0	24,7	23,2	34,6	48,5
2	$X_{sr}$	<b>19</b>	<b>1,14</b>	<b>13</b>	<b>1,69</b>	<b>9</b>	<b>2,35</b>	<b>6</b>	<b>3,73</b>
	V [%]	13,8	8,02	17,8	15,84	22,1	23,13	34,8	31,17
3	$X_{sr}$	<b>22</b>	<b>1,15</b>	<b>12</b>	<b>2,24</b>	<b>9</b>	<b>2,78</b>	<b>6</b>	<b>3,96</b>
	V [%]	18,0	26,6	41,9	37,0	41,6	23,1	29,7	14,1
Ogółem	min.	12	0,33	6	0,39	6	0,63	4	0,58
	$X_{sr}$	<b>20</b>	<b>1,13</b>	<b>14</b>	<b>1,79</b>	<b>10</b>	<b>2,32</b>	<b>8</b>	<b>3,22</b>
	maks.	28	4,07	21	5,05	18	4,84	14	5,94
	V [%]	7,0	2,8	17,7	23,3	18,7	20,1	45,7	33,9

$X_{sr}$  – średnia, V – współczynnik zmienności, N – liczba przyrostów, Sp – szerokość przyrostu rocznego.

Przeprowadzony test Shapiro-Wilka wykazał, że rozkłady średnich szerokości przyrostów rocznych poziomów A i B były niezgodne, zaś poziomów C i D zgodne z rozkładem normalnym. Wykonany następnie test Kruskala-Wallisa wskazał na istnienie statystycznie istotnych różnic między analizowanymi grupami danych ( $p = 0,0000$ ), zaś na podstawie wyników testu wielokrotnych porównań stwierdzono, że najmłodsze słoje poziomu A są istotnie węższe w porównaniu ze starszymi przyrostami poziomów B, C oraz D (tab. 2). Stwierdzono ponadto istotne różnice szerokości słoików między poziomem B i D.

**Tab. 2.** Wartości  $p$  testu wielokrotnych porównań dla szerokości przyrostów rocznych  
*Table 2. The  $p$ -values of multiple comparisons test for annual rings width*

Poziom	A	B	C
A	-----		
B	<b>0,000020</b>	-----	
C	<b>0,000000</b>	0,550704	-----
D	<b>0,000000</b>	<b>0,042254</b>	1,000000

**Tab. 3.** Wytrzymałość na zginanie statyczne drewna badanych kasztanowców białych  
*Table 3. Bending strength of investigated horse chestnut's wood*

Numer drzewa	Rodzaj Statystyki	Poziom								Średnia dla drzewa	
		A		B		C		D		W [%]	$\sigma_{12}$ [MPa]
		W [%]	$\sigma_{12}$ [MPa]	W [%]	$\sigma_{12}$ [MPa]	W [%]	$\sigma_{12}$ [MPa]	W [%]	$\sigma_{12}$ [MPa]		
1	$X_{sr}$	<b>10,0</b>	<b>46,1</b>	<b>9,9</b>	<b>54,6</b>	<b>10,0</b>	<b>54,2</b>	<b>9,8</b>	<b>46,1</b>	<b>9,9</b>	<b>50,2</b>
	V [%]	4,2	27,4	3,0	12,0	4,0	8,7	7,2	27,4	0,8	9,6
2	$X_{sr}$	<b>10,4</b>	<b>47,3</b>	<b>10,4</b>	<b>45,3</b>	<b>10,6</b>	<b>42,0</b>	<b>10,5</b>	<b>39,7</b>	<b>10,5</b>	<b>43,6</b>
	V [%]	3,6	19,4	4,1	27,7	4,9	21,8	3,0	46,3	0,8	7,8
3	$X_{sr}$	<b>10,4</b>	<b>49,4</b>	<b>10,5</b>	<b>49,2</b>	<b>10,4</b>	<b>47,7</b>	<b>10,4</b>	<b>42,8</b>	<b>10,4</b>	<b>47,3</b>
	V [%]	4,0	18,4	3,2	21,2	5,4	23,0	4,5	29,9	0,5	6,5
Ogółem	min.	9,1	34,5	9,4	24,6	9,2	30,5	9,3	22,1	-	
	$X_{sr}$	<b>10,3</b>	<b>47,6</b>	<b>10,3</b>	<b>49,7</b>	<b>10,3</b>	<b>48,0</b>	<b>10,2</b>	<b>42,8</b>	<b>10,3</b>	<b>47,0</b>
	maks.	11,2	70,2	11,1	67,4	11,3	62,1	10,9	64,5	3,0	7,1
	V [%]	2,4	3,5	3,3	9,3	3,0	12,7	3,4	7,5	-	

$X_{sr}$  – średnia, V – współczynnik zmienności, W – wilgotność drewna w chwili badania,  
 $\sigma_{12}$  – wytrzymałość na zginanie statyczne drewna przy wilgotności 12%.

Z tabeli 3 wynika, że wytrzymałość na zginanie statyczne drewna badanych trzech kasztanowców wyniosła średnio 47 MPa. Analiza danych zawartych w tabeli prowadzi do spostrzeżenia, że w poszczególnych poziomach wytrzymałość ta kształtowała się zupełnie odmiennie u każdego z badanych drzew. Dla drzewa nr 1 uzyskano jednakowe wartości średnie dla najmłodszego drewna poziomu A oraz najstarszych słoików poziomu D, jednocześnie były one niższe o około 15% w stosunku do poziomów B i C. W przypadku drzewa nr 2 najwyższą średnią wytrzymałość na zginanie statyczne wykazało drewno poziomu A, kolejne poziomy B, C i D

charakteryzowały się natomiast średnimi niższymi odpowiednio o: 4%, 11% oraz 16%. Drewno poziomów A, B i C drzewa nr 3 miało bardzo podobną wytrzymałość na zginanie statyczne, a różnice między średnimi nie przekraczały 4%. Jedynie dla najstarszego drewna poziomu D wartość średnia była o ponad 13% niższa w stosunku do poziomu A. Wykonany test Shapiro-Wilka wykazał, że rozkłady wytrzymałości na zginanie statyczne drewna wszystkich badanych poziomów były zgodne z rozkładem normalnym, zaś test Levene'a nie pozwolił odrzucić hipotezy zerowej o jednorodności wariancji ( $p = 0,1832$ ). Przeprowadzono zatem analizę wariancji, która nie wykazała statystycznie istotnych różnic wytrzymałości na zginanie statyczne między drewnem poszczególnych poziomów ( $p = 0,2027$ ).

## Dyskusja

Kształtowanie się szerokości przyrostów rocznych drewna w pniach drzew zależne jest od szeregu różnych czynników, z których ważniejsze to: klimat (głównie temperatura i opady), zanieczyszczenia powietrza i gleby oraz ataki patogenów grzybowych i szkodników owadzych. Nie ulega wątpliwości, że na kasztanowce, których drewno stanowiło materiał badawczy niniejszej pracy, oddziaływało przynajmniej kilka z wymienionych powyżej czynników. Drzewa te rosły bowiem w pasie przydrożnym jednej z najważniejszych arterii komunikacyjnych Krakowa, tj. al. 29 Listopada. Były one zatem szczególnie narażone na oddziaływanie zarówno zanieczyszczeń powietrza, których źródło stanowiły głównie spaliny pojazdów samochodowych, jak i gleby, co związane było z odśnieżaniem jezdni przy użyciu soli drogowej. Wyżej wymienione czynniki miały z pewnością charakter długotrwałego oddziaływania na drzewa, czego konsekwencją mogła być większa w porównaniu z drzewami rosnącymi z dala od dróg, utrata aparatu asymilacyjnego w trakcie wegetacji (Stravinskienė 2010). Od roku 1998 pojawił się w Krakowie jeszcze jeden istotny czynnik wywołujący silny stres u kasztanowców, tj. szrotówek kasztanowcowiaczek (Kosibowicz, Pawłowski 2011), którego larwy mogą powodować nawet całkowitą defoliację drzew (Łabanowski 2004). Wyraźna depresja szerokości przyrostów rocznych oraz kilka tzw. „fałszywych przyrostów” wytwarzanych w ciągu jednego okresu wegetacyjnego to główne efekty żerowania szrotówka stwierdzane w powstałej w ostatnich latach tkance drzewnej kasztanowców (Salleo et al. 2003; Bednarz, Scheffler 2008). Z punktu widzenia statyki drzew istotną jest wytrzymałość strefy drewna przyobwodowego, która stanowi często tzw. „zdrową ściankę” drzewa (Szewczyk 2012), należy bowiem mieć na uwadze, że u starszych kasztanowców często spotykana jest zgnilizna drewna umiejscowiona wewnątrz pnia. Obecność tej wady w drewnie obniża jego wytrzymałość mechaniczną, co powoduje, że większość obciążeń przenoszona jest w pniu drzewa przez wspomnianą wcześniej „zdrową ściankę” obejmującą przyrosty roczne wytworzone w ostatnich latach. Biorąc pod uwagę coraz częstsze występowanie w Polsce ekstremalnych zjawisk pogodowych, którym towarzyszą silne wiatry mogące prowadzić do łamania pni drzew, wynikami prezentowanymi w niniejszym opracowaniu powinny być zainteresowane instytucje odpowiedzialne za pielęgnację zieleni, zwłaszcza w terenach miejskich.

Wyniki analizy przyrostów rocznych drewna badanych kasztanowców wskazują, że ich szerokość zmniejszała się wraz z wiekiem drzew. W okresie około 20 lat przed datą usunięcia (rok 2006) drzewa te tworzyły najwęższe przyrosty roczne, których średnia szerokość wynosiła nieco powyżej 1 mm (poziom A). Statystycznie istotne różnice szerokości słoju stwierdzone między drewnem najmłodszym poziomu A i starszym poziomów B, C i D są, jak się wydaje, potwierdzeniem negatywnego oddziaływania na kasztanowce kompleksu czynników stresogennych, o których wspomniano wcześniej. Należy jednak zaznaczyć, że w świetle badań Salleo i innych

(2003) uzyskane w niniejszej pracy wyniki analizy szerokości przyrostów rocznych mogą być obarczone pewnym błędem wynikającym z faktu, że granice słoików zaznaczano, obserwując drewno pod lupą binokularną. Nie prowadzono natomiast szczegółowych analiz budowy anatomicznej drewna pod mikroskopem, które mogłyby wskazywać na obecność w badanej tkance tzw. „fałszywych przyrostów”.

Wyniki przeprowadzonych prób mechanicznych wykazały, że wytrzymałość na zginanie statyczne dla całości badanego drewna kasztanowca białego wyniosła średnio 47,0 MPa. Uzyskana wartość jest niższa od podawanych w literaturze. Krzysik (1974) oraz Galewski i Korzeniowski (1958) podają, że wytrzymałość ta dla drewna kasztanowca wynosi około 62 MPa. W prezentowanych badaniach drewno żadnego z analizowanych drzew nie uzyskało wytrzymałości średniej zbliżonej do wspomnianej wartości.

Analizy statystyczne przeprowadzone dla całości badanego materiału nie wykazały istotnych różnic wytrzymałości na zginanie statyczne między drewnem najmłodszym, wytworzonym przez kasztanowce w ciągu ostatnich około dwóch dekad, a drewnem starszym. Uzyskane średnie wytrzymałości drewna badanych poziomów były jednakże dla poszczególnych drzew bardzo zróżnicowane. Najmłodsze drewno poziomu A drzewa nr 1 charakteryzowało się wyraźnie niższą wytrzymałością na zginanie w porównaniu z drewnem starszym poziomów B i C i taką samą wytrzymałością jak najstarsze drewno poziomu D. W przypadku drzewa nr 2 wytrzymałość na zginanie drewna poziomu A była najwyższa i spadała stopniowo w kierunku drewna poziomu D. Natomiast różnice między średnimi wytrzymałościami drewna pierwszych trzech poziomów (A, B i C) drzewa nr 3 były niewielkie i nie przekraczały 2 MPa. Duże zróżnicowanie uzyskanych wyników nie pozwala na sformułowanie jednoznacznych wniosków co do wpływu niekorzystnych warunków wzrostu w warunkach środowiska miejskiego badanych kasztanowców na wytrzymałość na zginanie statyczne ich drewna. W celu sformułowania takich wniosków należałoby przeprowadzić badania na większej próbie drzew. Biorąc pod uwagę, że drewno pnia kasztanowców narażone jest w trakcie życia drzew na różne obciążenia, celowym byłoby poszerzenie zakresu badań o inne właściwości mechaniczne ich drewna, zwłaszcza o wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien.

## Wnioski

Stwierdzono, że drewno wytworzone przez kasztanowce w ostatnich latach (przyobwodywy poziom A) charakteryzowało się istotnie węższymi przyrostami rocznymi w porównaniu z tkanką wytworzoną wcześniej.

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic wytrzymałości na zginanie statyczne pomiędzy drewnem kasztanowców wytworzonym w okresie ostatnich lat a drewnem starszym.

W celu sformułowania jednoznacznych wniosków na temat wpływu warunków wzrostu w warunkach środowiska miejskiego kasztanowców białych, na wytrzymałość na zginanie statyczne ich drewna należałoby zwiększyć liczbę badanych drzew.

Celowym byłoby poszerzenie zakresu badań o inne właściwości mechaniczne drewna, mające znaczenie dla statyki drzew, zwłaszcza o analizy wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien.

## Literatura

Bednarz B., Scheffler M. 2008. Wpływ żeru szrotówka kasztanowcowiaczka (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic) na szerokość słoików rocznych kasztanowca białego (*Aesculus hippocastanum* L.). Sylwan 152 (7):53–66.

- Cybis Elektronik & Data AB. 2012a. Cybis CooRecorder – Image Coordinate Recording program Version: 7.6. [www.cybis.se](http://www.cybis.se).
- Cybis Elektronik & Data AB. 2012b. CDendro 7.6 TEST – Cybis dendro dating program Version: 7.6. [www.cybis.se](http://www.cybis.se).
- Galewski W., Korzeniowski A. 1958. Atlas najważniejszych gatunków drewna. PWRiL, Warszawa.
- Kosibowicz M., Pawłowski J. 2011. *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986. W: Głowaciński Z., Okarma H., Pawłowski J., Solarz W. (red.). Gatunki obce w faunie Polski. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków: 336–340.
- Krzysik F. 1974. Nauka o drewnie. PWN, Warszawa.
- Lachowicz H. 2011. Wpływ grubości drzew na wybrane właściwości strukturalne i fizyko-mechaniczne drewna brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.). *Sylwan* 155 (9):581–588.
- Łabanowski G. 2004. Szrotówek kasztanowcowiaczek i możliwości jego zwalczania. *Biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Pracowników Dezynfekcji, Dezynsekcji i Deratyzacji*. 36 (1): 12–15.
- Niedzielska B., Wąsik R. 1998. Analiza szerokości przyrostów rocznych oraz gęstości drewna buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) na wybranych powierzchniach Beskidzie Niskim. *Probl. Zagosp. Ziem Górskich* 44: 63–75.
- Niedzielska B., Wąsik R. 2000. Analiza zmienności wybranych cech drewna buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) w zachodniej części Krainy Karpackiej. *Probl. Zagosp. Ziem Górskich* 46: 97–108.
- PN-77-D-04103:1978a. Drewno – Oznaczanie wytrzymałości na zginanie statyczne. Wyd. Normalizacyjne, Warszawa.
- PN-77-D-04100: 1978b. Drewno – Oznaczanie wilgotności. Wyd. Normalizacyjne, Warszawa.
- Salleo S., Nardini A., Raimondo F., Assunta Lo Gullo M., Pace F., Giacomich P. 2003. Effects of defoliation caused by the leaf miner *Cameraria ohridella* on wood production and efficiency in *Aesculus hippocastanum* growing in north-eastern Italy. *Trees* 17: 367–375.
- Stanisz A. 1998. Przystępny kurs statystyki. StatSoft Polska. Kraków.
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Stravinskiene V. 2010. Medžiū būkles stebesena ir vertinimas kauno miesto aplinkoje. *Jour. of Environ. Engin. and Lands. Manag.* 18(3):217–225.
- Szewczyk G. 2012. Arborystyka – Wybrane zagadnienia pielęgnacji drzew. Wyd. Uniw. Roln. w Krakowie, Kraków.

**Radosław Wąsik, Anna Barszcz, Krzysztof Michalec**  
 Katedra Użytkowania Lasu i Drewna  
 Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
 rlwasik@cyf-kr.edu.pl  
 rlbarszc@cyf-kr.edu.pl  
 kmichalec@op.pl