

MIECZYŚLAW TURSKI, ROMAN JASZCZAK, RAFAŁ DEUS

## Wybrane charakterystyki koron drzew i ich związek z pierśnicą oraz wysokością w drzewostanach sosnowych różnych klas wieku

Selected features of tree crowns and their relationship with the dbh and height in pine tree-stands of different age classes

### ABSTRACT

Turski M., Jaszczak R., Deus R. 2012. Wybrane charakterystyki koron drzew i ich związek z pierśnicą oraz wysokością w drzewostanach sosnowych różnych klas wieku. Sylwan 156 (5): 369-378.

The paper discusses the selected crown characteristics of pine trees, their variability and dependence on breast height diameter and height. The analysis relates to the dominant forest stands of different age classes, and the Kraft classes forming them.

### KEY WORDS

pine, crown, variation, Kraft's classes, dominant stand

### ADDRESSES

Mieczysław Turski <sup>(1)</sup> – e-mail: mturski@up.poznan.pl  
 Roman Jaszczak <sup>(2)</sup> – e-mail: romanj@up.poznan.pl  
 Rafał Deus <sup>(3)</sup> – e-mail: Rafal.Deus@pila.lasy.gov.pl

<sup>(1)</sup> Zakład Dendrometrii i Produkcyjności Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71c; 60-625 Poznań

<sup>(2)</sup> Zakład Urządzania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71c; 60-625 Poznań

<sup>(3)</sup> Nadleśnictwo Wałecz; ul. Kołobrzeska 1; 78-600 Wałecz

### Wstęp

Wielkość, budowa i kształt koron drzew w głównej mierze wpływają na rozmiar i efektywność asymilacji, decydując o przebiegu wzrostu drzew. Wyjątkowo obszerne badania nad budową i kształtem koron drzew różnych gatunków przeprowadził Burger [1929, 1939a, b, 1941, 1945, 1953]. To jego badania, jak również prace Badoux [1939, 1946], przyczyniły się do opracowania modeli koron takich gatunków jak świerk, sosna czy buk. W Polsce wiele prac poświęconych koronie sosny zwyczajnej przeprowadził Lemke [1966, 1968, 1971]. Dotyczą one m.in. korony traktowanej jako kryterium oceny dynamiki wzrostowej drzew oraz związków pomiędzy jej wielkością a przyrostem drzew w drzewostanach sosnowych. Lemke i Woźniak [1976] dokonali także analizy struktury niektórych cech ilościowych korony w drzewostanach sosnowych.

Seebach [1844, 1845] wprowadził do leśnictwa pojęcie liczby przestrzeni wzrostowej. Było ono także przedmiotem badań Mayera [1958], Eule [1959] i Freista [1962]. Z kolei definicję przestrzeni pojedynczego drzewa podali Miś i Sugiero [2004], a definicję procentu wykorzystania jednostkowego pola i stopień wykorzystania przestrzeni zaproponowali Kaźmierczak i Stosik [2008]. Szersza analiza kształtowania się różnych miar przestrzeni wzrostu drzew w drzewostanach sosnowych była przeprowadzona przez Kaźmierczak [2009, 2010]. Ciekawe badania nad

przestrzenią pojedynczych drzew na przykładzie modrzewia w drzewostanie panującym w zależności od wieku oraz typu siedliskowego lasu są autorstwa Kaźmierczak i in. [2010]. Wiele prac dotyczyło związku pomiędzy wielkością korony a cechami drzew. Ich autorami byli m.in.: Lemke [1966], Żybura [1977], Dubravec i Krejčí [1993], Dubravec [1998, 1999, 2003, 2004, 2005], Jaszczak [1998, 2001], Dubravec i in. [2009], Hemery i in. [2005], Condes i Sterba [2005], Ducey [2009], Urban i in. [2009], Maltamo i in. [2011], Seidel i in. [2011]. W Polsce badano także związki pomiędzy wielkością korony sosen a przyrostem pierśnicy [Dudek 1969] i przyrostem miąższości [Lemke 1968; Zajączkowski 1973]. Pojawiły się także prace dotyczące współzależności pomiędzy niektórymi cechami ilościowymi koron drzew a makrostrukturą drewna [Nawrot i in. 2009; Szymański i in. 2009]. Szczegółowy opis rozwoju koron drzew jest także jednym z kryteriów ustalania uszkodzeń zarówno pojedynczych drzew, jak i drzewostanów oraz kompleksu leśnego [m.in.: Gruber 1987, 1992; Lesiński i in. 1992; Dmyterko 1994, 2006; Bruchwald, Dmyterko 2007; Dmyterko, Bruchwald 2002, 2006, 2007a,b; Jaszczak, Miotke 2009].

Celem pracy jest analiza wielkości wybranych charakterystyk koron drzew sosny różnych klas wieku w klasach biosocjalnych tworzących drzewostan panujący oraz ich związek z pierśnicą i wysokością.

## Materiał i metody

Materiał badawczy pochodził z trzech drzewostanów sosnowych rosnących na siedlisku boru świeżego w Nadleśnictwie Mirosławiec reprezentujących trzy klasy wieku. Pierwszy drzewostan miał 47 lat (oddział 24d, Ia klasa bonitacji), drugi 77 lat (oddział 60a, I,5 klasa bonitacji), a trzeci 92 lata (oddział 42c, II klasa bonitacji). W każdym drzewostanie wybrano losowo po 90 drzew, określając jednocześnie ich stanowisko biosocjalne zgodnie z kryteriami klasyfikacji Krafta [1884], oraz pomierzono ich:

- pieśnicę w korze ( $d_{1,3}$ ) (średnia z dwóch pomiarów wykonanych na kierunku N-S i E-W) z zaokrągleniem do 0,1 cm,
- wysokość ( $h$ ) z zaokrągleniem do 0,1 m,
- wysokość osadzenia korony ( $a$ ) z zaokrągleniem do 0,1 m,
- powierzchnię rzutu korony ( $p_k$ ) (charakterystyczne punkty korony wyznaczone przy użyciu rzutownika koron) z zaokrągleniem do 0,01 m<sup>2</sup>.

Zebrane powyżej informacje stały się podstawą do wyliczenia ważniejszych charakterystyk koron poszczególnych drzew takich jak:

- długość korony ( $l=h-a$ ) [m],
- względna długość korony ( $l/h$ ),
- szerokość korony ( $b$ ) wyliczona z powierzchni rzutu korony przyjętej jako pole koła [m],
- stopień rozłożystości korony ( $b/h$ ),
- stopień spłaszczenia korony ( $b/l$ ),
- liczba smukłości korony ( $l/b$ ),
- stopień wysunięcia korony ( $b/d_{1,3}$ ),
- powierzchnia zewnętrzna korony ( $M$ ) wyliczona z wzoru  $\frac{\pi}{4} b \sqrt{4l^2 + b^2}$  [m<sup>2</sup>],
- objętość korony  $v_k$  wyliczona wzorem  $0,4 \frac{\pi}{4} b^2 l$  [m<sup>3</sup>].

Dysponując wielkościami dziesięciu wymienionych charakterystyk koron drzew, obliczono ich średnie wartości oraz współczynniki zmienności w poszczególnych klasach biosocjalnych oraz w klasach wieku drzewostanów. Uwzględniono jedynie drzewa I, II i III klasy Krafra (drzewostan panujący), gdyż w roku poprzedzającym badania w analizowanych drzewostanach przeprowadzono zabiegi pielęgnacyjne i większość drzew tworzących drzewostan opanowany zostało usuniętych. Obliczono także siłę związku pomiędzy poszczególnymi charakterystykami koron drzew a pierśnicą i wysokością zarówno w ramach drzewostanu panującego, jak poszczególnych klas Krafra. Wszystkie analizy statystyczne zostały wykonane z użyciem programu Statistica 9 PL (StatSof, Inc).

## Wyniki

W drzewostanie 47-letnim 20 drzew zostało zaliczonych do I klasy, 56 do II, a 14 do III klasy Krafra. W drzewostanie 77-letnim było to odpowiednio 25, 54 i 11, a w 92-letnim – 22, 61 i 7 drzew. Średnie wartości większości badanych parametrów korony zmniejszają się wraz z obniżaniem stanowiska biosocjalnego drzew, a rosną z wiekiem drzewostanów (tab. 1). Średnia długość korony drzew zaliczonych do I klasy Krafra w drzewostanie III klasy wieku jest 1,79 razy większa niż drzew w III klasie Krafra, a w drzewostanie IV i V klasy wieku odpowiednio 1,58 i 1,6 razy. Z kolei średnia długość korony drzew tworzących drzewostan panujący drzewostanu 47-letniego jest 1,32 razy mniejsza niż w drzewostanie 92-letnim. Zdecydowanie większe dysproporcje są widoczne w przypadku  $p_k$ ,  $M$  i  $v_k$ . Średnia objętość korony jest dla drzewostanu panującego III klasy wieku 2,17 razy mniejsza od ustalonej w drzewostanie V klasy wieku, gdzie osiąga wartość 48,57 m<sup>3</sup>. Stosunek pomiędzy średnimi wartościami objętości koron drzew III i I klasy Krafra w trzech analizowanych drzewostanach ma się jak: 1:6,14, 1:4,09 i 1:6,67. Średnie powyższych charakterystyk korony, obliczone dla drzew zaliczonych do II klasy Krafra, są bardzo zbliżone do wartości charakteryzujących drzewostan panujący. Nie zaobserwowano tak wyraźnych prawidłowości w przypadku pozostałych cech korony (stopień spłaszczenia korony, liczba smukłości korony i stopień rozłożystości korony).

Najmniejszą zmiennością charakteryzuje się względna długość korony (tab. 2). Minimalną wartość odnotowano dla drzew IV klasy wieku zaliczonych do III klasy Krafra (11,74%), a największą (23,97%) u drzew V klasy wieku tej samej klasy biosocjalnej. Wyjątkowo dużą zmiennością, przekraczającą wartość 50%, cechuje się powierzchnia rzutu korony i objętość korony drzew tworzących drzewostan panujący. Zmienność zarówno powierzchni zewnętrznej korony, jak i objętość korony w każdej z analizowanych klas wieku drzewostanu jest najmniejsza u drzew tworzących III klasę Krafra. Z kolei w przypadku stopnia spłaszczenia korony, liczby smukłości korony i stopnia wysunięcia korony niezależnie od wieku drzewostanu największe współczynniki zmienności tych cech korony stwierdzono u drzew tworzących I klasę Krafra. Dla pozostałych cech korony tak wyraźnych prawidłowości nie zanotowano. Należy także odnotować fakt, że zmienność cech korony drzew tworzących drzewostan panujący, takich jak  $b$ ,  $b/l$ ,  $l/b$ ,  $b/d_{1,3}$ ,  $p_k$ ,  $M$  i  $v_k$ , maleje z wzrostem wieku drzewostanów.

W drzewostanie 47-letnim żadna z cech koron nie wykazuje istotnego statystycznie związku z pierśnicą drzew (tab. 3). Dla drzew tworzących drzewostan panujący w tym samym drzewostanie zależności od pierśnicy nie stwierdzono w przypadku stopnia spłaszczenia i stopnia wysunięcia korony. W drzewostanie panującym IV klasy wieku współczynniki korelacji pomiędzy wszystkimi analizowanymi cechami korony a pierśnicą są istotne, zaś w drzewostanie V klasy wieku za wyjątkiem stopnia wysunięcia korony. Z pogarszaniem się stanowiska biosocjalnego w każdym z trzech drzewostanów związek pomiędzy szerokością korony i objętością korony

**Tabela 1.**  
Średnie wartości wybranych charakterystyk korony w drzewostanach sosnowych trzech klas wieku w klasach Krafta  
Mean values of selected crown characteristics in pine stands of three age classes in Kraft's classes

Klasa wieku	Klasa Krafta	$l$ [m]	$l/h$	$b$ [m]	$b/h$	$b/l$	$l/b$	$b/d_{1,3}$	$p_k$ [m <sup>2</sup> ]	$M$ [m <sup>2</sup> ]	$v_k$ [m <sup>3</sup> ]
III	I	7,71	0,34	3,68	0,16	0,48	2,15	15,73	11,24	47,34	36,76
	II	6,15	0,30	3,11	0,15	0,51	2,09	16,51	8,22	32,03	21,37
	III	4,31	0,24	2,04	0,11	0,51	2,25	14,72	3,52	14,34	5,99
IV	I-III	6,21	0,30	3,07	0,15	0,50	2,13	16,06	8,16	32,68	22,39
	I	8,00	0,32	4,15	0,17	0,52	1,99	15,19	14,06	54,84	46,18
	II	6,61	0,29	3,06	0,14	0,47	2,27	14,09	7,78	33,14	21,10
V	III	5,05	0,26	2,63	0,13	0,53	1,98	14,82	5,60	21,65	11,28
	I-III	6,81	0,29	3,31	0,14	0,49	2,16	14,49	9,26	37,76	26,87
	I	9,30	0,37	4,67	0,19	0,51	2,04	15,81	17,75	71,36	67,47
V	II	8,09	0,35	4,06	0,18	0,51	2,08	15,49	13,78	54,45	46,16
	III	5,80	0,27	2,33	0,11	0,42	2,56	12,68	4,36	21,62	10,11
	I-III	8,20	0,35	4,08	0,17	0,50	2,11	15,35	14,01	56,03	48,57

**Tabela 2.**  
Współczynnik zmienności [%] wybranych charakterystyk korony w drzewostanach sosnowych trzech klas wieku w klasach Krafta  
Coefficient of variation [%] of selected crown characteristics of pine stands of three age classes in Kraft's classes

Klasa wieku	Klasa Krafta	$l$	$l/h$	$b$	$b/h$	$b/l$	$l/b$	$b/d_{1,3}$	$p_k$	$M$	$v_k$
III	I	22,54	22,14	24,68	24,26	20,24	21,19	13,73	50,08	42,13	63,87
	II	18,81	18,23	28,69	28,23	24,35	28,73	18,49	57,70	43,10	70,81
	III	21,84	23,07	28,06	28,96	50,45	30,13	33,45	56,27	33,78	52,53
IV	I-III	26,33	22,40	32,01	29,33	28,91	27,31	20,40	63,40	53,66	83,53
	I	15,34	14,40	19,94	20,25	19,05	22,13	12,95	36,39	30,27	45,29
	II	17,19	15,03	24,69	24,77	26,93	26,49	18,59	49,53	35,38	59,96
V	III	13,49	11,74	17,63	17,54	24,74	22,38	13,55	34,32	22,31	35,95
	I-III	21,00	15,73	27,74	24,37	24,78	25,77	16,68	54,83	44,76	71,61
	I	13,66	12,37	19,05	18,06	18,34	17,70	11,48	36,14	28,50	46,29
V	II	17,09	15,33	25,02	24,55	23,85	23,37	16,96	49,93	36,53	59,35
	III	22,66	23,97	16,87	19,38	23,01	33,62	14,33	35,68	27,30	44,91
	I-III	19,45	16,59	27,13	25,43	22,91	24,12	16,32	52,29	40,68	63,84

a pierśnicą jednoznacznie maleje. Największe współczynniki korelacji w drzewostanie panującym każdej z badanych klas wieku stwierdzono pomiędzy pierśnicą a objętością korony, powierzchnią zewnętrzną korony, szerokością korony i powierzchnią rzutu korony (tab. 3).

Zależności pomiędzy dziesięcioma charakterystykami korony drzew a ich wysokością są wyraźnie mniejsze od tych, jakie wystąpiły z pierśnicą (tab. 4). Największe wartości współczynnika korelacji odnotowano w drzewostanie panującym każdej z trzech rozpatrywanych klas wieku pomiędzy wysokością a długością korony. Te istotne związki pomiędzy wymienionymi cechami, jako jedyne, stwierdzono w drzewostanie IV klasy każdej z klas Krafta. Nieco mniejsze, choć istotne związki (współczynniki korelacji powyżej 0,42), wystąpiły między wysokością a  $p_k$ ,  $M$  i  $v_k$ . Nie odnotowano istotnych zależności między wysokością a stopniem spłaszczenia oraz wysunięcia korony zarówno w klasach Krafta, jak i w drzewostanie panującym.

## Dyskusja

Średnie wartości długości i szerokości korony, pola jej rzutu oraz powierzchni zewnętrznej i objętości zmniejszają się wraz z obniżaniem się stanowiska biosocjalnego drzew. W ramach drzewostanu panującego wartości tych cech rosną wraz z wiekiem drzew. Średnia długość korony 92-letniego drzewostanu panującego jest 1,2 razy większa od zanotowanej w drzewostanie 77-letnim i 1,32 razy większa niż w 47-letnim. Widoczna jest wyraźna prawidłowość w każdym z trzech analizowanych drzewostanów polegająca na tym, że względna długość korony maleje wraz z obniżaniem się klasy Krafta. Jest to potwierdzeniem badań Lemke [1966], który w 88-letnim drzewostanie sosnowym uzyskał średnią wartość  $l/h$  dla drzew górujących o wartości 0,34, drzew panujących – 0,29 i współpanujących – 0,25 (średnia dla całego drzewostanu 0,29). W porównywalnym ze względu na wiek analizowanym w tej pracy drzewostanie V klasy wieku otrzymano nieco większe wartości wynoszące w I klasie Krafta 0,37, II – 0,35 i III – 0,27. Średnia wartość tej cechy wyliczona dla 11 drzewostanów sosnowych [Borowski 1974] wyniosła 0,32 i nie zmieniła się z wiekiem drzewostanu. Z kolei w trzech drzewostanach świerkowych Gieruszyński [1960] otrzymał wyraźnie większe średnie wartości względnej długości korony wynoszące odpowiednio 0,361, 0,391 i aż 0,513, a w różnowiekowym drzewostanie jodłowym wielkość tej cechy ma wartość 0,29 [Gieruszyński 1961]. Średnia szerokość koron drzew drzewostanu panującego rośnie wraz z wiekiem i w drzewostanie V klasy wieku jest ponad 1,3 razy większa niż w III klasie. Potwierdzona została także prawidłowość zaobserwowana przez Lemke [1966] w 88-letnim i Kaźmierczak [2010] w 50-letnim drzewostanie sosnowym, że szerokość koron zmniejsza się w analizowanych drzewostanach wraz z obniżaniem stanowiska biosocjalnego. Podobny trend dotyczy również stopnia rozłożystości korony. Według Koehlera [za Lemke 1966] cecha ta wynosiła dla świerka od 0,14 do 0,33, a dla buka od 0,20 do 0,22. Mayer [1958] dla trzech drzewostanów dębowych otrzymał wartości 0,22, 0,25 i 0,33, a Kaźmierczak i Stosik [2008] w 135-letnim drzewostanie dębowym – 0,23. Średnia wartość stopnia spłaszczenia korony nie wykazuje wyraźnego związku zarówno z klasą Krafta, jak i z wiekiem drzewostanu. To samo spostrzeżenie dotyczy liczby smukłości i stopnia wysunięcia korony. Co prawda w najstarszym 92-letnim drzewostanie średnia liczba smukłości korony rośnie wraz obniżaniem się klasy Krafta, a średni stopień wysunięcia korony maleje. Podobną tendencję stwierdził Lemke [1966] w drzewostanie 88-letnim, choć z wyraźnie większymi wartościami (odpowiednio w poszczególnych klasach Krafta 17,76, 16,58 i 15,14) i Kaźmierczak [2010] w 50-letnim drzewostanie tego samego gatunku (odpowiednio 16,44, 15,55 i 15,38). Wartości uzyskane w tej pracy (szczególnie dla drzewostanu panującego III i IV klasy wieku) są bardziej zbliżone do podawanych dla sosny przez Hugerhoffa [1933].

Tabela 3.

Współczynnik korelacji między pierśnicą a wybranymi charakterystykami koron w drzewostanach sosnowych trzech klas wieku  
Coefficient of correlation between the breast height diameter and the selected crown characteristics in the pine stands of three age classes

Klasa wieku	Klasa Krafa	<i>l</i>	<i>l/h</i>	<i>b</i>	<i>b/h</i>	<i>b/l</i>	<i>l/b</i>	<i>b/l</i>	<i>l/b</i>	<i>b/d<sub>1,3</sub></i>	<i>p<sub>k</sub></i>	<i>M</i>	<i>v<sub>k</sub></i>
III	I	0,591*	0,582*	0,860*	0,857*	0,406	-0,310	0,328	0,868*	0,827*	0,860*	0,827*	0,860*
	II	0,620*	0,530*	0,782*	0,717*	0,387*	-0,308*	0,236	0,800*	0,813*	0,813*	0,813*	0,813*
	III	0,112	0,032	-0,013	-0,056	-0,192	0,032	-0,457	-0,036	0,097	0,097	0,097	0,098
IV	I-III	0,747*	0,635*	0,814*	0,701*	0,153	-0,223*	0,145	0,823*	0,851*	0,862*	0,851*	0,862*
	I	0,380	0,401*	0,830*	0,811*	0,635*	-0,679*	0,429*	0,796*	0,714*	0,723*	0,714*	0,723*
	II	0,382*	0,284*	0,685*	0,583*	0,417*	-0,382*	0,215	0,665*	0,669*	0,651*	0,669*	0,651*
V	III	-0,289	-0,337	0,676*	0,680*	0,702*	-0,631*	-0,038	0,699*	0,358	0,483	0,358	0,483
	I-III	0,634*	0,463*	0,830*	0,681*	0,383*	-0,384*	0,260*	0,822*	0,826*	0,811*	0,822*	0,811*
	I	0,391	0,334	0,805*	0,786*	0,534*	-0,552*	0,016	0,812*	0,757*	0,793*	0,757*	0,793*
V	II	0,592*	0,556*	0,734*	0,684*	0,346*	-0,356*	0,067	0,714*	0,784*	0,753*	0,784*	0,753*
	III	0,420	0,405	0,508	0,458	-0,084	0,071	-0,033	0,547	0,699	0,690	0,699	0,690
	I-III	0,671*	0,602*	0,817*	0,755*	0,400*	-0,411*	0,204	0,797*	0,817*	0,841*	0,817*	0,841*

\* wartości istotne z  $p > 0,05$ ; significant at  $p > 0,05$

Tabela 4.

Współczynnik korelacji między wysokością a wybranymi charakterystykami koron w drzewostanach sosnowych trzech klas wieku  
Coefficient of correlation between the height and selected crown characteristics in the pine stands of three age classes

Klasa wieku	Klasa Krafa	<i>l</i>	<i>l/h</i>	<i>b</i>	<i>b/h</i>	<i>b/l</i>	<i>l/b</i>	<i>b/l</i>	<i>l/b</i>	<i>b/d<sub>1,3</sub></i>	<i>p<sub>k</sub></i>	<i>M</i>	<i>v<sub>k</sub></i>
III	I	0,291	0,237	0,401	0,355	0,242	-0,191	0,285	0,361	0,375	0,356	0,375	0,356
	II	0,295*	0,048	0,141	-0,020	-0,110	0,081	-0,220	0,154	0,224	0,202	0,224	0,202
	III	-0,224	-0,405	-0,197	-0,338	0,073	0,138	-0,310	-0,161	-0,356	-0,360	-0,356	-0,360
IV	I-III	0,621*	0,394*	0,472*	0,264*	-0,067	0,005	-0,051	0,444*	0,566*	0,507*	0,566*	0,507*
	I	0,414*	0,184	0,047	-0,144	-0,271	0,219	0,031	0,034	0,157	0,222	0,157	0,222
	II	0,532*	0,244	0,086	-0,148	-0,256	0,306*	-0,192	0,104	0,244	0,309*	0,244	0,309*
V	III	0,614*	0,406	0,120	-0,081	-0,269	0,271	0,155	0,119	0,347	0,449	0,347	0,449
	I-III	0,737*	0,452*	0,492*	0,197*	-0,114	0,111	0,007	0,500*	0,586*	0,643*	0,586*	0,643*
	I	0,506*	0,333	0,439*	0,298	0,102	-0,090	0,165	0,442*	0,553*	0,530*	0,553*	0,530*
V	II	0,542*	0,352*	0,227	0,080	-0,147	0,122	-0,095	0,194	0,377*	0,293*	0,377*	0,293*
	III	-0,122	-0,302	-0,325	-0,519	-0,187	0,013	-0,388	-0,359	-0,304	-0,344	-0,304	-0,344
	I-III	0,648*	0,432*	0,467*	0,287*	0,005	-0,074	0,109	0,430*	0,587*	0,518*	0,587*	0,518*

\* wartości istotne z  $p > 0,05$ ; significant at  $p > 0,05$

Średnia powierzchnia rzutu korony drzewostanu panującego V klasy wieku jest ponad 1,7 razy większa od tej w drzewostanie III klasy wieku. W przypadku drzew górujących stosunek ten był mniejszy i wynosił 1:1,58, a u drzew współpanujących jeszcze mniej – 1:1,24. Kaźmierczak [2010] w drzewostanie 50-letnim, który mógłby być porównywany z 47-letnim drzewostanem analizowanym w tej pracy, uzyskała zbliżone wartości tej cechy u drzew zaliczonych do górujących. Średnia powierzchnia rzutu korony była wyraźnie mniejsze (o  $1,25 \text{ m}^2$ ) dla drzew panujących oraz nieco większa dla drzew współpanujących (o  $1,07 \text{ m}^2$ ). W drzewostanie 92-letnim średnie wielkości tej charakterystyki korony są wyraźnie mniejsze zarówno w poszczególnych klasach Krafta tworzących drzewostan panujący, jak i w samym drzewostanie panującym, od stwierdzonych przez Kaźmierczak [2009] w drzewostanie 88-letnim. Wielkości  $p_k$  odnotowane w I klasie Krafta były mniejsze aż o  $13,1 \text{ m}^2$ , w II o  $3,13 \text{ m}^2$ , w III o  $5,61 \text{ m}^2$ . Dla całego drzewostanu panującego ta różnica wyniosła  $4,08 \text{ m}^2$ . Zatem znajduje potwierdzenie teza prezentowana przez wielu autorów, że pole rzutu korony zmniejsza się wraz z obniżaniem się stanowiska socjalnego, a jednocześnie zwiększa się wraz z wiekiem drzewostanów. Podobne prawidłowości wystąpiły w odniesieniu do dwóch ostatnich charakterystyk analizowanych w tej pracy, tj.: powierzchni zewnętrznej oraz objętości korony.

Spośród 10 analizowanych w tej pracy charakterystyk korony najmniejszą zmiennością cechuje się względna długość korony, a największą, przekraczającą 50% – powierzchnia rzutu korony i objętość korony drzew tworzących drzewostan panujący. Spośród badanych cech korony w analizowanych drzewostanach jedynie  $b$ ,  $p_k$ ,  $M$  i  $v_k$  charakteryzują się mniejszą zmiennością w poszczególnych klasach Krafta niż w całym drzewostanie panującym. Przyczyn należy upatrywać w tym, że zróżnicowanie koron w klasach Krafta jest mniejsze. W poszczególnych klasach znajdują się drzewa o podobnych możliwościach rozwojowych, określonych wielkością korony czy stanowiskiem biologicznym w zespole. Podobna prawidłowość została stwierdzona także w przypadku długości korony oraz względnej długości korony, ale tylko w drzewostanie III i IV klasy wieku.

Najsilniejszy związek z pierśnicą wykazują objętość korony, powierzchnia zewnętrzna korony, szerokość korony i powierzchnia rzutu korony. W drzewostanie panującym każdej z badanych klas wieku współczynniki korelacji są większe od 0,796. Siła związku pomiędzy wysokością a dziesięcioma charakterystykami korony drzew jest wyraźnie mniejsza od tych, jakie wystąpiły z pierśnicą. Największe wartości współczynnika korelacji odnotowano w drzewostanie panującym każdej z trzech rozpatrywanych klas wieku pomiędzy wysokością a długością korony. Nieco mniejsze, choć istotne zależności (współczynniki korelacji powyżej 0,42), wystąpiły pomiędzy  $p_k$ ,  $M$  i  $v_k$  a wysokością.

## Wnioski

- ✦ W drzewostanach sosnowych takie charakterystyki korony jak długość, względna długość, szerokość, stopień rozłożystości, powierzchnia rzutu, powierzchnia zewnętrzna i objętość korony zmniejszają się wraz z obniżaniem się stanowiska biosocjalnego drzew.
- ✦ Zwiększanie się wieku drzew tworzących drzewostan panujący prowadzi do wzrostu średnich wartości długości, względnej długości, powierzchni rzutu, powierzchni zewnętrznej i objętości korony.
- ✦ Najmniejszą zmiennością wykazuje się względna długość korony, a największą – powierzchnia rzutu i objętość korony drzew tworzących drzewostan panujący. W każdym z analizowanych drzewostanów jedynie zmienność szerokości, powierzchni rzutu, powierzchni zewnętrznej i objętości korony jest mniejsza w poszczególnych klasach Krafta tworzących drzewostan panujący niż w całym drzewostanie panującym.



- ✚ Z analizowanych charakterystyk koron sosen najsilniejsze istotne związki z pierśnicą wykazywały w drzewostanie panującym długość, szerokość, objętość, powierzchnia rzutu i powierzchnia zewnętrzna korony. W przypadku zależności dwóch ostatnich charakterystyk korony z pierśnicą widoczne jest niewielkie zmniejszanie się współczynnika korelacji wraz ze zwiększaniem się wieku drzewostanu.
- ✚ Związki charakterystyk korony z wysokością są wyraźnie mniejsze niż z pierśnicą. Jedynie w przypadku związku pomiędzy wysokością a powierzchnią zewnętrzną korony jego siła wzrasta z wiekiem drzewostan.

## Literatura

- Badoux E. 1939. De l'influence de divers modes et degrés d'éclaircie dans les hêtraies suisses. Annales de l'Institut Fédéral de Recherches Forestières. 21: 59-148.
- Badoux E. 1946. Relation entre le développement de la cime et l'accroissement chez le pin sylvestre; contribution à l'étude de l'éclaircie. Annales de l'Institut Fédéral de Recherches Forestières, Zurich. 24 (2): 404-516.
- Borowski M. 1974. Przyrost drzew i drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2007. Reakcja przyrostowa świerka w powiązaniu ze stopniem uszkodzenia korony. Sylwan 151 (11): 22-34.
- Burger H. 1929. Holz, Blattmenge und Zuwachs. I: Die Weymouthsföhre. Mitt. Schw. Anst. f. d. Forstl. Versw 15: 243-292.
- Burger H. 1939a. Kronenaufbau gleichaltriger Nadelholzbestände. Mitt. Schw. Anst. f. d. Forst. Versuchswesen 21: 5-58.
- Burger H. 1939b. Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. Mitt. Schw. Anst. f. d. Forst. Versuchswesen 21: 147-176.
- Burger H. 1941. Holz, Blattmenge und Zuwachs. 5. Mitteilung: Fichten, und Föhren verschiedener Herkunft auf verschiedenen Kulturorten. Eidg Anst Forstl Versuchswes Mitt 22: 10-62.
- Burger H. 1945. Holz, Blattmenge und Zuwachs. VII: Die Lärche. Mitt. Schw. Anst. f. d. Forstl. Versw 24: 7-103.
- Burger H. 1953. Holz, Blattmenge und Zuwachs. XIII: Fichten im gleichaltrigen Hochwald. Die Lärche. Mitt. Schw. Anst. f. d. Forstl. Versuchsw. 29: 38-130.
- Condes S., Sterba H. 2005. Derivation of compatible crown width equations for some important tree species of Spain. Forest Ecology and Management 217 (2-3): 203-218.
- Dmyterko E. 1994. Metody określania stopnia uszkodzenia drzewostanów sosnowych przez emisje przemysłowe. Prace IBL 782: 128-155.
- Dmyterko E. 2006. Cechy korony jako podstawa metody określania uszkodzenia drzewostanów olszy czarnej [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.]. Rozprawy i monografie. Inst. Bad. Leś. 5.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2002. Metody określania uszkodzenia drzewostanów liściastych. W: Siwecki R. [red.]. Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. IV Krajowe Symp. Poznań-Kórnik, 29.05.-1.06.2001, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań. 475-484.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2006. Kryteria oceny uszkodzenia wybranych gatunków drzew liściastych. Leśne Prace Badawcze 3: 115-124.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2007a. Kryteria uszkodzenia świerka. Sylwan 151 (6): 12-23.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2007b. Drzewostanowa metoda określania uszkodzenia świerka. Sylwan 151 (6): 24-33.
- Dubravac T. 1998. Istrazivanje strukture krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba u zajednici (*Carpino betuli-Quercetum roboris*) (Anić 1959 Raus 1969). Radovi 33 (2): 61-102.
- Dubravac T. 1999. Utjecaj broja stabala na promjer krošnje hrasta lužnjaka u zajednici (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Anić ex Rauš 1969). Radovi 34 (2): 23-37.
- Dubravac T. 2003. Dinamika razvoja promjera krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba ovisno o prsnom promjeru i dobi. Radovi 38 (1): 35-54.
- Dubravac T. 2004. Dinamika razvoja dužina krošanja hrasta lužnjaka i običnoga graba ovisno o prsnom promjeru i dobi. Radovi 39 (1): 51-69.
- Dubravac T. 2005. Primjena digitalizacije krosanja i metode vizualizacije u izucavanju strukture sastojina. Radovi 40 (1): 53-72.
- Dubravac T., Dekanić S., Vrbek B., Matošević D., Roth V., Jakovlević T., Zlatanov T. 2009. Crown volume in forest stands of pedunculate oak and common hornbeam. Periodicum Biologorum 111 (4): 479-485.
- Dubravac T., Krejčić V. 1993. Ovisnost promjera horizontale projekcije krosanja hrasta lužnjaka o totalnim visinama stabala pojedinih dobnih razreda ekološko-gospodarkog tipa II-G-10 (*Carpino betuli-Quercetum roboris* (Anić/emend. Raus 1969). Rad Sum. Inst. 28 (1/2): 78-89.
- Ducey M. J. 2009. Predicting crown size and shape from simple stand variables. J. Sust. For. 28 (1/2): 5-21.
- Dudek A. 1969. Zależność intensywności przyrostu miąższości i przyrostu pierśnicy od wielkości korony. Fol. For. Pol., Ser. A 15: 149-469.



- Eule H. W. 1959. Verfahren zur Baumkronenmessung und Beziehungen zwischen Kronengröße, Stammstärke und Zuwachs bei Rotbuche, dargestellt an einer nordwestdeutschen Durchforstungsreihe. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 185-201.
- Freist H. 1962. Untersuchungen über den Lichtungszuwachs der Rotbuche und seine Ausnutzung im Forstbetrieb. Beihefte zum Forstwissenschaftlichen Centralblatt. 17.
- Gieruszyński T. 1960. Struktura i zmienność przyrostów drzew w dojrzałych drzewostanach świerkowych. Fol. For. Pol., Ser. A 2: 5-44.
- Gieruszyński T. 1961. Zmienność elementów miąższości w drzewostanach jodlowych Beskidu Sądeckiego. Fol. For. Pol., Ser. A 7: 87-111.
- Gruber F. 1987. Das Verzweigungssystem und der Nadelfall der Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) als Grundlage zur Beurteilung von Waldschäden. Ber. Forschungsz. Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe A. Bd. 26.
- Gruber F. 1992. Dynamik und Regeneration der Gehölze. Baumarchitektur auf ökologisch-dynamischer Grundlage und zur Bioindikation am Beispiele der Europäischen Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.), Weisstanne (*Abies alba* Mill.), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* Franco) und Europäischen Larche (*Larix decidua* Mill.). Ber. Forsch. Waldökosyst. Bd. 86/Teil I.: 1-420
- Hemery G. E., Savill P. S., Pryors S. N. 2005. Application of the crown diameter-stem diameter relationship for different species of broadleaved trees. Forest Ecology and Management 215 (1/3): 285-294.
- Hugershoff R. 1933. Die Photogrammetrische Vorratsermittlung. Tharandter Forstliches Jahrbuch. 159-166.
- Jaszczak R. 1998. Crown length of standing trees in pine stands. Sci. Pap. Agric. Univ. Pozn., Forestry 1: 21-29.
- Jaszczak R. 2001. Types of canopy opening and tree crown forms of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the evaluation of stand condition. Sci. Pap. Agric. Univ. Pozn., Forestry 4: 31-41.
- Jaszczak R., Miotke M. 2009. Defoliacja górnej części i całej korony drzew sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Sylwan 153 (9): 607-616.
- Kaźmierczak K. 2009. Wybrane miary przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w bliskorębnym drzewostanie sosnowym. Sylwan 153 (5): 298-303.
- Kaźmierczak K. 2010. Kształtowanie się wybranych cech przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa w 50-letnim drzewostanie sosnowym. Sylwan 154 (4): 267-274.
- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Nawrot M., Szymański M. 2010. Przestrzeń pojedynczego drzewa w drzewostanie panującym w zależności od wieku oraz typu siedliskowego lasu na przykładzie modrzewia (*Larix decidua* Mill.). Sylwan 154 (11): 764-772.
- Kaźmierczak K., Stosik M. 2008. Analiza wybranych cech przestrzeni wzrostu pojedynczego drzewa na przykładzie 135-letniego drzewostanu dębowego. Sylwan 152 (2): 3-9.
- Kraft G. 1884. Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Klindworth, Hannover.
- Lemke J. 1966. Korona jako kryterium oceny dynamiki wzrostowej drzew w drzewostanie sosnowym. Fol. For. Pol., Ser. A 12: 185-236.
- Lemke J. 1968. Związek pomiędzy wielkością korony a przyrostem drzew w drzewostanach sosnowych. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN 25: 1-48.
- Lemke J. 1971. Przydatność korony i wysokości drzew do szacowania ich właściwości przyrostowych w drzewostanach sosnowych II i III klasy wieku. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN 32: 73-87.
- Lemke J., Woźniak A. 1976. Struktura niektórych cech ilościowych korony w drzewostanach sosnowych. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN 42: 75-83.
- Lesiński J. A., Dmyterko E., Grzyb M. 1992. Skandynawska metoda oceny uszkodzenia sosny i świerka. Sylwan 136 (6): 19-31.
- Maltamo M., Bollandsas O. M., Vauhkonen J., Breidenbach J., Gobakken T., Naesset E. 2010. Comparing different methods for prediction of mean crown height in Norway spruce stands using airborne laser scanner data. Forestry 83 (3): 257-268.
- Mayer R. 1958. Kronengröße und Zuwachsleistung der Traubeneiche auf süddeutschen Standorten. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 129: 105-201.
- Miś R., Sugiero D. 2004. Jednostkowe pole i przestrzeń drzew młodego pokolenia w dwugeneracyjnej buczynie karpackiej. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 3 (1): 25-39.
- Nawrot M., Pazdrowski W., Szymański M., Kaźmierczak K. 2009. An interdependence between selected quantitative traits of tree crowns and wood macrostructure in larch (*Larix decidua* Mill.) trees growing under different site conditions. Ann. Wars. Univ. Life Sci. For. a. Wood Technol. 69: 109-114.
- Seebach Ch. 1844. Cotta-Album (Breslau and Oppeln).
- Seebach Ch. 1845. Pfeils krit. Blätter. 21-141.
- Seidel D., Leuschner C., Muller A., Krause B. 2011. Crown plasticity in mixed forests – Quantifying asymmetry as a measure of competition using terrestrial laser scanning. For. Ecol. a. Manage. 261 (11): 2123-2132.
- Szymański M., Pazdrowski W., Nawrot M., Kaźmierczak K., Mańka K. 2009. Interdependence between selected quantitative traits of tree crowns and wood macrostructure of common oak (*Quercus robur* L.) growing under different site conditions. Ann. Wars. Univ. Life Sci. – SGGW. For. a. Wood Technol. 69: 359-365.

- Urban J., Tatarinov F., Nadezhdina N., Cermak J., Ceulemans R. 2009. Crown structure and leaf area of the understorey species *Prunus serotina*. Trees. Struct. a. Funct. 23 (2): 391-399.
- Zajączkowski J. 1973. Przyrost miąższości w klasach biosocjalnych starszych drzewostanów sosnowych. Sylwan 117 (1): 1-10.
- Żybura H. 1977. Długość koron drzew w drzewostanach sosnowych. Sylwan 121 (1): 1-12.

## SUMMARY

### Selected features of tree crowns and their relationship with the dbh and height in pine tree-stands of different age classes

The paper presents an analysis of selected crown characteristics of pine trees of different age classes in individual biosocial classes forming a dominant stand and in the entire dominant stand, and the relationship between those characteristics and breast height diameter and height. The material for research was collected from three pine stands growing in the fresh coniferous forest habitat (Bśw) in the Mirosławiec Forest District, representing three age classes. The following crown characteristics were subjected to analysis: crown projection area ( $p_k$ ), crown length ( $l$ ), crown relative length ( $l/h$ ), crown width ( $b$ ), crown spread ( $b/h$ ), degree of flattening ( $b/l$ ), slenderness ratio ( $l/b$ ), deflection degree ( $b/d_{1,3}$ ), crown outer area ( $M$ ), and volume ( $v_k$ ). The mean values of  $l$ ,  $l/h$ ,  $b$ ,  $b/h$ ,  $p_k$ ,  $M$  and  $v_k$  (tab. 1) decrease with the deteriorating position of trees in the stand, and increase with the age of stands.

The variability of relative crown length was the lowest (tab. 2). Extremely high variability, exceeding 50%, was found for crown projection area and crown volume of trees forming a dominant stand. The relationship (in each of the three examined stands) between breast height diameter and crown characteristics of trees, both in the dominant stands and in each stand-forming biosocial class is shown in table 3. With the deteriorating position of trees in each of the three stands, the strength of the relationship between crown width and crown volume and breast height diameter clearly decreases.

The highest correlation coefficient values for each of the examined age classes in the dominant stand, exceeding 0.796 were found to be between breast height diameter and crown volume, outer crown area, crown width and crown projection area. The dependencies between ten crown characteristics and tree height (tab. 4) were clearly smaller than those in the case of breast height diameter. The highest values of the correlation coefficient was noted for dominant stands in each of the three studied age classes between the height and length of the crown.