

Zakład Gospodarki Leśnej, Wydział Agrobiotechnologii,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, Polska
e-mail: mat.jarmul@gmail.com

MATEUSZ JARMUŁ, ZDZISŁAW KACZMARSKI

**Kształtowanie się smukłości sosny pospolitej
(*Pinus sylvestris* L.)
w zależności od stanowiska biosocjalnego drzewa**

Slenderness of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)
according to biosocial position of the tree

Streszczenie. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki analizy smukłości sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.), która została przeprowadzona w 103-letnim drzewostanie sosnowym rosnącym w warunkach siedliska lasu świeżego (Lśw), na terenie Nadleśnictwa Chełm (RDLP Lublin). Na podstawie pomiarów 102 losowo wybranych drzew zbadano zależność współczynnika smukłości sosny od wymiarów pnia i parametrów rozłożystości korony związanych z przestrzenią wzrostu pojedynczego drzewa. Pozycja biosocjalna każdej sztuki została określona na podstawie kryteriów klasyfikacji Krafta. Po wnikliwej analizie stwierdzono, że pozycja biosocjalna drzew z gatunku *Pinus sylvestris* L. w strukturze pionowej drzewostanu ma istotny wpływ na wielkość współczynnika smukłości drzewa. Badania wykazały, że smukłość wzrasta wraz z pogarszaniem się pozycji biosocjalnej, natomiast maleje wraz ze wzrostem wartości cech pomiarowych oraz parametrów korony drzewa.

Słowa kluczowe: *Pinus sylvestris* L., klasa Krafta, smukłość, przestrzeń wzrostowa Seebacha

WSTĘP

Wiedza o naturalnych procesach zachodzących w przyrodzie oraz kontrola stanu ekosystemów leśnych pozwalają na wczesną diagnozę zagrożeń, mogących wpłynąć negatywnie na stan sanitarny lasu. Każdego roku leśnicy podejmują działania mające na celu zachowanie trwałości lasów i zwiększenie ich naturalnej odporności na czynniki szkodliwotwórcze, które można podzielić na biotyczne, abiotyczne i antropogeniczne. W ostatnim czasie problemy związane z ochroną lasu i utrzymaniem jego trwałości

ści nabierają coraz większego znaczenia, a to między innymi poprzez coraz częstsze występowanie zjawisk o charakterze klęskowym, wynikających z postępujących zmian klimatycznych. W ostatnich 25 latach przyczyniły się one do powstawania znacznych szkód w ekosystemach leśnych, a charakter ich przebiegu bywał bardzo gwałtowny [Szabla i Szujecki 2017]. Do najważniejszych zjawisk należały silne wiatry huraganowe, trąby powietrzne oraz opady mokrego śniegu i marznącego deszczu. W latach 2005–2014 rozmiar szkód w polskich lasach, mierzony miąższością pozyskanego pokłękowego surowca drzewnego, przekroczył 36 mln m³ [Bruchwald i Dmyterko 2016].

Według Szabli i Szujeckiego [2017] ochrona lasu ma bardzo duże znaczenie w przypadku zagrożenia rozpadem drzewostanów i powinna mieć odzwierciedlenie w zaleceniach praktycznych dotyczących stosowanych rębni, składu gatunkowego upraw i wieku rębności, a także kwalifikowania drzewostanów do przebudowy, bowiem odpowiedni dobór zabiegów hodowlanych oraz świadome kształtowanie drzewostanów wpływają na smukłość drzew, zwarcie, wielkość i kształt koron – a więc cechy mające duży wpływ na odporność drzewostanów. Najważniejszą z tych cech wydaje się być smukłość, służąca do określania ryzyka złamania pnia drzewa. Kształt przekroju podłużnego pnia drzewa bywa określany na podstawie różnych cech. Jedną z nich jest współczynnik smukłości, czyli iloraz wysokości drzewa (m) i jego pierśnicy (cm) [Grochowski 1973, Bruchwald 1999, Jaworski 2004]. Przeciętna wartość tego współczynnika może być traktowana jako wskaźnik stabilności drzewostanu [Burschel i Huss 1997, Jelonek i in. 2014]. Smukłość drzew jest przyjmowana także jako miara ich odporności na szkody powodowane przez opady śniegu i wiatr [Zajączkowski 1991]. Schütz i in. [2006] na podstawie wskaźnika smukłości drzew określają zagrożenia drzewostanów ze strony silnych wiatrów i huraganów. Bruchwald i Dmyterko [2010, 2011, 2012], wykorzystując odwrotność współczynnika smukłości, określają ryzyko uszkodzeń drzewostanów przez silny wiatr.

Według Bruchwalda i Dmyterki czynnikami mającymi decydujący wpływ na smukłość drzew są: gatunek, wiek, zwarcie, warunki siedliskowe oraz ich stanowisko biosocjalne w drzewostanie.

W Polsce badania odnoszące się do współczynnika smukłości prowadzono dla sosny [Rymer-Dudzińska 1992a, b, Kaźmierczak 2012, Kaźmierczak i in. 2016], świerka [Orzeł i Socha 1999, Kaźmierczak i in. 2008b, Korzeniewicz i in. 2017], modrzewia europejskiego [Kaźmierczak i in. 2011], dębu [Rymer-Dudzińska i Tomusiak 2000, Kaźmierczak i in. 2008a, 2009], buka [Rymer-Dudzińska i Tomusiak 2000] i brzozy [Korzeniewicz i in. 2016]. Ponadto badania nad smukłością różnych gatunków drzew Puszczy Niepołomickiej prowadził Orzeł [2007].

Celem niniejszej pracy jest analiza smukłości pni sosny pospolitej w zależności od zajmowanej pozycji biosocjalnej drzewa w drzewostanie oraz ustalenie średniej wartości współczynnika smukłości w poszczególnych klasach Krafta, z uwzględnieniem zmienności współczynnika i jego korelacji z cechami pomiarowymi drzewa, a także miarami jego przestrzeni wzrostu.

MATERIAŁ I METODYKA

Materiałem badawczym była sosna pospolita rosnąca w 103-letnim drzewostanie, w warunkach siedliska lasu świeżego (Lśw), na terenie Nadleśnictwa Chełm (RDLP Lublin), w oddziale 92b leśnictwa Haliczany. Całkowita powierzchnia wydzielenia wynosiła 12,84 ha. Sosna I bonitacji występowała jako gatunek główny o 100-procentowym udziale w pierwszym piętrze badanego drzewostanu. Drugie piętro było natomiast zdominowane przez grab II bonitacji. Pomiarom poddano 102 drzewa na powierzchni, którą uznano za reprezentatywną dla całego drzewostanu. W tym celu zastosowano losowanie warstwowe, aby zapewnić dostateczną liczebność drzew w każdej badanej klasie biosocjalnej.

Pomiarom zostały poddane:

1. $d_{1,3}$ – pierśnica w korze, poprzez pomiar drzewa w dwóch prostopadłych względem siebie kierunkach, z dokładnością do 0,5 cm, średnią arytmetyczną obu pomiarów przyjęto jako pierśnicę drzewa;
2. h – wysokość drzewa, z dokładnością do 0,5 m, za pomocą wysokościomierza Nikon Forestry Pro;
3. h_{pk} – wysokość podstawy korony od pierwszej żywej gałęzi korony, z dokładnością do 0,5 m, za pomocą wysokościomierza Nikon Forestry Pro;
4. r_k – promień rzutu korony, poprzez pomiar z dokładnością do 0,5 m rzutowanych trzech punktów korony drzewa, znajdujących się pod kątem 120 stopni względem siebie; średnią odległość tych punktów do osi pnia przyjęto jako promień korony drzewa.

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów dokonano obliczenia wartości następujących cech zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Kaźmierczak [2012]:

1. s – smukłości, obliczonej jako iloraz wysokości drzewa (m) i jego pierśnicy (cm);
2. l_k – długości korony (m), obliczonej jako różnica pomiędzy wysokością drzewa (h) a wysokością podstawy korony (h_{pk});
3. d_k – średnicy korony (m), obliczonej jako podwójna wartość promienia korony (r_k);
4. l_k/h – względnej długości korony, obliczonej jako stosunek długości korony (l_k) do wysokości drzewa (h);
5. p_k – powierzchni rzutu korony (m^2), obliczonej na podstawie średnicy korony (d_k) za pomocą wzoru na pole koła;
6. $d_k/d_{1,3}$ – liczby przestrzeni wzrostowej Seebacha, obliczonej jako stosunek średnicy korony (d_k) do pierśnicy drzewa ($d_{1,3}$);
7. $d_k^2/d_{1,3}^2$ – ilorazu powierzchni rzutu korony;
8. d_k/h – stopnia rozłożystości korony, obliczonego jako iloraz średnicy korony (d_k), i wysokości drzewa (h);
9. p_{pd} – przestrzeni pojedynczego drzewa (m^3), obliczonej jako iloczyn powierzchni rzutu korony (p_k), i wysokości drzewa (h).

Dla każdego drzewa określono stanowisko biosocjalne zgodnie z kryteriami klasyfikacji Kraftha [1884, za Kaźmierczak i in. 2016], której podstawą jest wysokość danego drzewa oraz wielkość i stan jego korony w stosunku do drzew sąsiadujących. Klasyfikacja Kraftha wyróżnia 5 klas drzew – górujące (klasa I), panujące (klasa II), współpanujące (klasa III), opanowane (klasa IV a i b) oraz przygłuszone (klasa V a i b). Drzewa należą-

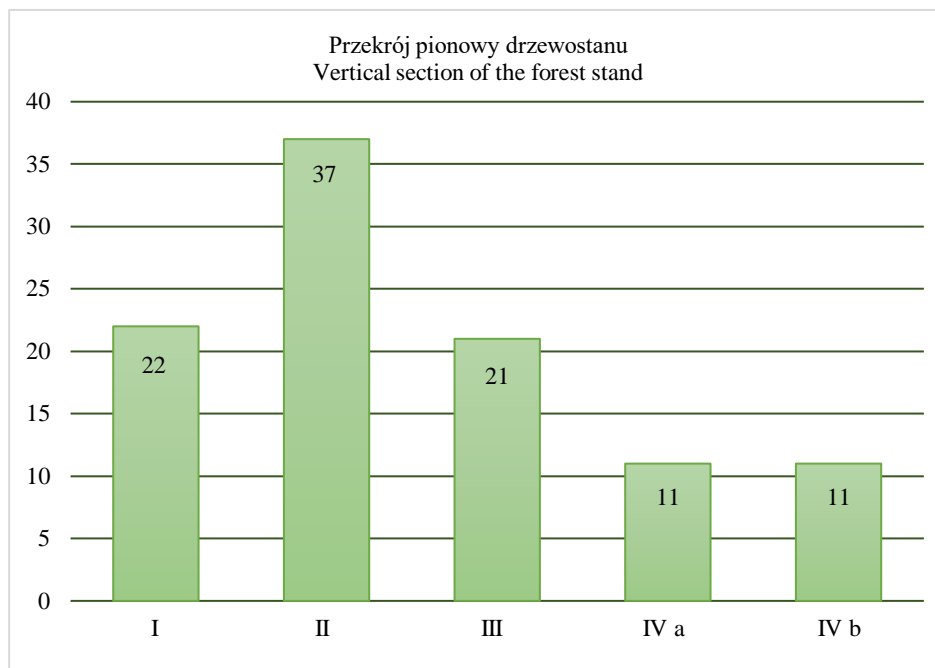
ce do klas I–III tworzą drzewostan panujący, a pozostałe (klasa IV i V) drzewostan opadowany.

W celu określenia zależności pomiędzy smukłością, stanowiskiem biosocjalnym a wybranymi cechami oraz miarami wzrostu drzewa wykorzystano współczynnik korelacji Pearsona na trzech poziomach istotności. Obliczenia wykonano za pomocą pakietu statystycznego Statistica ver. 13.1 [2017].

WYNIKI

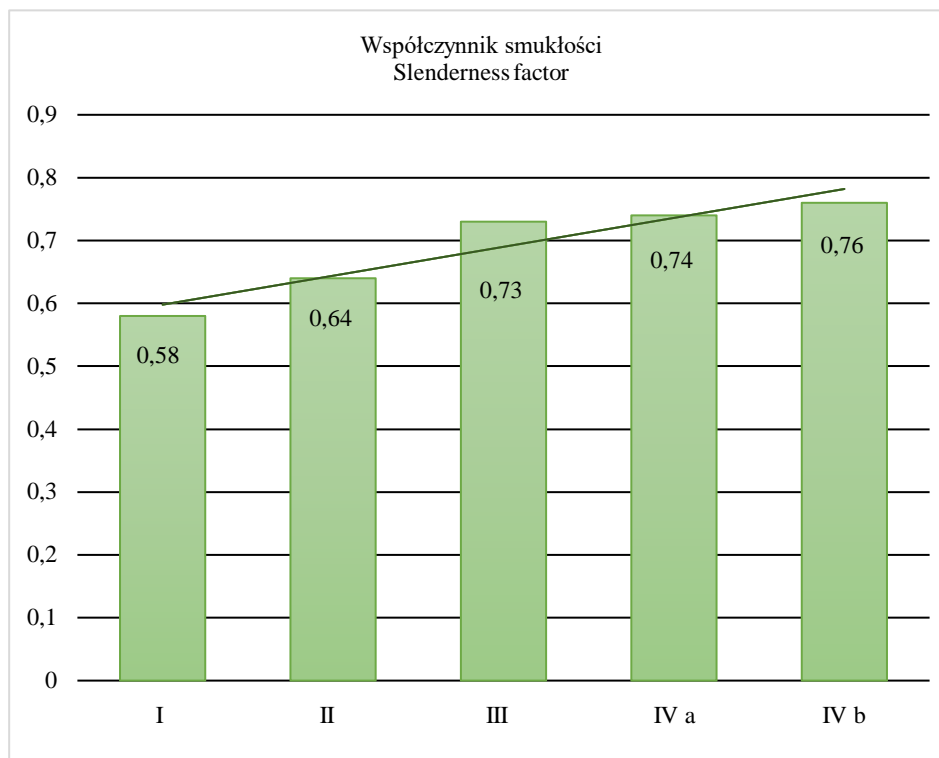
W przekroju pionowym drzewostanu największy udział miały drzewa należące do II klasy Krafta (37 szt.), najmniejszy zaś drzewa z klasy IV a oraz IV b (po 11 szt.). Do klas I i III zaliczono odpowiednio 22 i 21 szt. Drzew V klasy nie stwierdzono (rys. 1).

Przeanalizowano smukłość drzew w poszczególnych klasach biosocjalnych. Odnotowano, że średnia wartość współczynnika smukłości sosny pospolitej wzrastała wraz z pogarszaniem się pozycji drzewa w strukturze pionowej drzewostanu. Najniższą odnotowaną wartością średnią charakteryzowały się drzewa z I klasy Krafta (0,58), najwyższą zaś te, które zaliczono do klasy IV b (0,76) (rys. 2).



Rys. 1. Liczba drzew zaliczonych do danej klasy Krafta

Fig. 1. Amount of Scots pine trees in Kraft's classes



Rys. 2. Przebieg średniej smukłości sosen w klasach Krafta
Fig. 2. Changes of Scots pine trees slenderness in Kraft's classes

Wykonana analiza statystyczna wykazała istotny wpływ stanowiska biosocjalnego na smukłość sosen (tab. 1–3). Określona dla wszystkich badanych drzew wartość średnia współczynnika smukłości wynosiła 0,66 (tab. 1).

Zmienność smukłości była stosunkowo nieduża (16,56%). Największą zmiennością wykazała się natomiast przestrzeń życiowa pojedynczego drzewa (60,91%). Dokonano także analizy zależności smukłości od cech pomiarowych drzew oraz wielkości miar ich przestrzeni wzrostu. Najsilniejszą ujemną korelację ze smukłością drzewa wykazały: pierśnica (–0,89), stopień rozłożystości (–0,82) oraz średnica korony (–0,77), nieco słabszą zaś powierzchnia rzutu korony (–0,74) i przestrzeń życiowa pojedynczego drzewa (–0,70) (tab. 2). Stosunkowo słabą korelację ujemną ze smukłością wykazały: wysokość drzew (–0,24), liczba przestrzeni wzrostowej Seebacha (–0,24) i iloraz powierzchni rzutu korony (–0,23), natomiast słabą korelacją dodatnią charakteryzowały się klasa Krafta (0,38) i wysokość podstawy korony (0,22) (tab. 2).

Tabela 1. Charakterystyki statystyczne cech sosen i ich miar przestrzeni wzrostu
 Table 1. Statistical characteristics for Scots pine trees features and measures of the growth space

Cecha drzewa Tree feature	N	Średnia Mean	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności (%) Coefficient of variation
$d_{1,3}$ (cm)	102	43,06	28,00	68,00	8,66	20,18
h (m)	102	27,76	20,00	34,00	2,33	8,38
h_{pk} (m)	102	20,32	15,00	24,00	1,68	8,26
s	102	0,66	0,47	0,93	0,11	16,56
d_k (m)	102	6,32	3,00	10,67	1,72	27,22
l_k/h	102	0,26	0,12	0,44	0,07	27,11
p_k (m ²)	102	33,66	7,07	89,32	18,47	54,88
$d_k/d_{1,3}$	102	14,56	9,78	18,39	1,85	12,74
$d_k^2/d_{1,3}^2$	102	215,36	95,61	338,22	52,82	24,53
d_k/h	102	0,23	0,12	0,38	0,05	23,13
p_{pd} (m ³)	102	958,91	176,63	3036,73	584,09	60,91

Tabela 2. Zależność pomiędzy smukłością sosen a cechami oraz miarami przestrzeni wzrostu drzew

Table 2. Dependence between Scots pine trees slenderness, features and measures of tree growth space

Cecha drzewa Tree feature	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
$d_{1,3}$ (cm)	-0,89**
h (m)	-0,24***
h_{pk} (m)	0,22
d_k (m)	-0,77***
l_k/h	-0,38*
p_k (m ²)	-0,74***
$d_k/d_{1,3}$	-0,23
$d_k^2/d_{1,3}^2$	-0,24
d_k/h	-0,82***
p_{pd} (m ³)	-0,70***
Klasa Krafta	0,38***

Istotność współczynnika korelacji r-Pearsona na poziomie: *0,05, **0,01, ***0,001

Zbadano również zależność cech pomiarowych drzew oraz wielkości miar ich przestrzeni wzrostu od stanowiska biosocjalnego. Najsilniejszą ujemną korelację z klasą Krafta danego drzewa wykazały: wysokość ($-0,64$), średnica korony ($-0,55$) i pierśnica ($-0,55$). Umiarkowanie silną natomiast przestrzeń życiową pojedynczego drzewa ($-0,50$) i pole rzutu korony ($-0,49$), najslabszą zaś wykazała wysokość podstawy korony ($-0,20$). Umiarkowanie silną korelację dodatnią ze stanowiskiem biosocjalnym wykazały: smukłość drzewa ($0,38$), iloraz powierzchni rzutu korony ($0,33$) oraz liczba przestrzeni wzrostowej Seebacha ($0,32$) (tab. 3).

Tabela 3. Zależność pomiędzy pozycją biosocjalną sosen a cechami oraz miarami przestrzeni wzrostu drzew

Table 3. Dependence between Scots pine trees biosocial position, features and measures of tree growth space

Cecha drzewa Tree feature	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
$d_{1,3}$ (cm)	$-0,55^{**}$
h (m)	$-0,64^{***}$
h_{pk} (m)	$-0,20$
s	$0,38^{***}$
d_k (m)	$-0,55^{***}$
l_k/h	$-0,40^{***}$
p_k (m ²)	$-0,49^{***}$
$d_k/d_{1,3}$	$0,33$
$d_k^2/d_{1,3}^2$	$0,32$
d_k/h	$-0,44^{***}$
p_{pd} (m ³)	$-0,50^{***}$

Istotność współczynnika korelacji r-Pearsona na poziomie: $^{**}0,01$, $^{***}0,001$

DYSKUSJA

Wyniki badań przedstawione w niniejszej pracy ukazują pewną zależność pomiędzy smukłością sosen a ich pozycją biosocjalną w drzewostanie. Wyraźnie zauważalny jest trend wzrostu współczynnika smukłości drzewa wraz z pogarszaniem się jego stanowiska w strukturze pionowej drzewostanu (rys. 2). W badanym drzewostanie nie odnotowano drzew V klasy Krafta. Brak drzew przygłuszonych i obumierających wynika z wieku drzewostanu (103 lata), a więc wielu nawrotów cięć pielęgnacyjnych przeprowadzonych, we wcześniejszych fazach wzrostu drzewostanu. Drzewa stanowiące drzewostan główny charakteryzowały się niższym współczynnikiem smukłości od drzew tworzących drzewostan podrzędny, a zatem były bardziej stabilne. Przy czym średnia wartość smukłości drzew należących do I klasy Krafta była niższa od przeciętnej smukłości drzewostanu, a drzewa należące do II klasy Krafta wykazywały się smukłością równą lub bardzo zbliżoną do wartości przeciętnej (rys. 2, tab. 1). Wraz ze wzrostem

średnicy korony malała smukłość drzew. Przyczyną tego może być fakt, że drzewa stanowiące drzewostan główny, charakteryzujący się niższym współczynnikiem smukłości miały lepiej rozwinięte korony. Bardzo zbliżone wyniki uzyskali również inni autorzy prac dotyczących współczynnika smukłości.

Rymer-Dudzińska [1992b] w badaniach przeprowadzonych w drzewostanach sosnowych wykazała wzrost współczynnika smukłości sosen wraz z pogarszaniem się klasy biosocjalnej drzewa. Wykazała ona także spadek smukłości wraz ze wzrostem przeciętnej pierśnicy i wysokości drzewostanu. Natomiast wzrost współczynnika smukłości następował przy rosnącej klasie bonitacji i zagęszczeniu drzew [Rymer-Dudzińska 1992a].

Kaźmierczak i in. [2008b] w badaniach drzewostanów świerkowych w Sudetach Środkowych wykazali spadek współczynnika smukłości wraz z wiekiem oraz wzrostem pierśnicy, wysokości i miąższości drzew. Badania prowadzone nad modrzewiem wykazały istotny wpływ wieku i pozycji drzewa w strukturze pionowej drzewostanu na współczynnik smukłości. Nie wykazały natomiast istotnego wpływu żyzności siedliska na smukłość [Kaźmierczak i in. 2011]. Autorzy badali również drzewostany sosnowe, gdzie wykazano, że na wielkość współczynnika smukłości wpływa zarówno wiek, jak i pozycja biosocjalna drzewa oraz że smukłość drzewa maleje wraz ze wzrostem każdej uwzględnionej w badaniach cechy sosny, zwiększa się natomiast wraz z pogarszaniem się pozycji drzewa w drzewostanie [Kaźmierczak i in. 2011].

Ponadto Orzeł i Socha [1999], badając świerki z Sudetów Zachodnich, wykazali, że na smukłość wpływa także położenie nad poziomem morza. Wykazali oni wówczas, że drzewa rosnące w wyższych partiach gór cechował niższy współczynnik smukłości.

Rymer-Dudzińska i Tomusiak [2000], badając drzewostany bukowe, wykazali zależność pomiędzy smukłością drzew a ich wiekiem, przeciętną pierśnicą, wysokością oraz grubością kory. Nie wykazano zaś istotnego związku smukłości z długością korony.

Podobnie przedstawiały się wyniki, jakie uzyskano, badając drzewostany dębowe. Dowiedziono, że smukłość rośnie wraz z pogarszaniem się pozycji biosocjalnej drzewa, natomiast maleje wraz ze wzrostem wartości cech pomiarowych oraz miar przestrzeni wzrostu drzewa. Stwierdzono również, że najsilniejsze powiązanie ze smukłością wykazują: średnica korony, pole rzutu korony oraz przestrzeń pojedynczego drzewa, najsłabszy związek wykazuje natomiast względna długość korony. Wraz z poprawianiem się pozycji biosocjalnej drzewa wzrastają wartości jego cech pomiarowych i miar przestrzeni wzrostu [Kaczmarski i in. 2018].

WNIOSKI

1. Pozycja biosocjalna sosny w strukturze pionowej drzewostanu ma istotny wpływ na wielkość współczynnika smukłości drzewa.

2. Smukłość drzewa rośnie wraz z pogarszaniem się pozycji biosocjalnej drzewa, natomiast maleje wraz ze wzrostem wartości cech pomiarowych drzewa oraz miar przestrzeni jego wzrostu.

3. Drzewa stanowiące drzewostan główny charakteryzowały się niższym współczynnikiem smukłości niż drzewa tworzące drzewostan podrzędny, a zatem były bardziej stabilne.

4. Cechy pomiarowe badanych sosen w obrębie każdej klasy Krafra były dość silnie zróżnicowane i nieregularne. Największą zmienność wykazały takie cechy jak: przestrzeń życiowa pojedynczego drzewa i powierzchnia rzutu korony.

5. Stwierdzono, że najsilniejsze powiązanie ze smukłością wykazały: pierśnica, stopień rozłożystości i średnica korony, nieco słabszą zaś powierzchnia rzutu korony i przestrzeń życiowa pojedynczego drzewa.

6. Słabą ujemną korelację ze smukłością wykazały: wysokość drzew, liczba przestrzeni wzrostowej Seebacha i iloraz powierzchni rzutu korony drzewa.

7. Wykazano istotną statystycznie korelację pomiędzy pozycją biosocjalną sosny a cechami pomiarowymi drzewa oraz miarami jego przestrzeni wzrostu. Wraz z poprawianiem się pozycji biosocjalnej drzewa wzrastają jego cechy pomiarowe i miary przestrzeni wzrostu.

8. Najsilniejszy związek z pozycją biosocjalną drzewa wykazały: wysokość, średnica korony i pierśnica. Umiarkowanie silną korelację ujemną natomiast przestrzeń życiowa pojedynczego drzewa i pole rzutu korony, najsłabszą zaś wysokość podstawy korony.

9. Umiarkowanie silną korelację dodatnią z pozycją biosocjalną drzewa wykazały: smukłość liczba przestrzeni wzrostowej Seebacha oraz iloraz powierzchni rzutu korony.

PIŚMIENNICTWO

- Bruchwald A., 1999. Dendrometria. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Bruchwald A., Dmyterko E., 2010. Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. *Leśne Pr. Badaw.* 71(2), 165–173.
- Bruchwald A., Dmyterko E., 2011. Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa. *Sylvan*, 155(7), 459–471. <https://doi.org/10.26202/sylvan.2011035>
- Bruchwald A., Dmyterko E., 2012. Ryzyko powstawania szkód w drzewostanach poszczególnych nadleśnictw Polski. *Sylvan* 156(1), 19–27. <https://doi.org/10.26202/sylvan.2011054>
- Bruchwald A., Dmyterko E., 2016. Zastosowanie modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów Polski. *Mat. Konf. VIII Sesji Zimowej Szkoły Leśnej przy IBL, Sękocin Stary*, 15–17 marca, 123–143.
- Burschel P., Huss J., 1997. *Grundriss des Waldbaus*. Parey Buchverlag, Berlin.
- Grochowski J., 1973. Dendrometria. PWRiL, Warszawa.
- Jaworski A., 2004. Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania oraz pielęgnacji drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Jelonek T., Tomczak A., Pazdrowski W., 2014. Wybrane wskaźniki stabilności drzew w drzewostanach sosnowych narażonych na wiatr. *Stud. Mater. CEPL Rogów* 39, 35–45.
- Kaczmarek Z., Masternak K., Jarmuł M., 2018. Slenderness of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) according to biosocial position. *Agron. Sci.* 73(3), 37–43. <http://dx.doi.org/10.24326/asx.2018.3.4>
- Kaźmierczak K., 2012. Smukłość sosen w klasach biosocjalnych. *For. Lett.* 103, 33–39.
- Kaźmierczak K., Nawrot M., Pazdrowski W., Najgrakowski T., Jędraszak A., 2011. Kształtowanie się smukłości modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) w zależności od siedliska, wieku i pozycji biosocjalnej. *Sylvan*, 155(7), 472–481. <https://doi.org/10.26202/sylvan.2010096>

- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Mańka K., Szymański M., Nawrot M., 2008a. Kształtowanie się smukłości pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w zależności od wieku drzew. Sylwan 152(7), 39–45. <https://doi.org/10.26202/sylvan.2008009>
- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Paraniak P., Szymański M., Nawrot M., 2008b. Smukłość jako miara stabilności świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) na przykładzie drzewostanów Sudetów Środkowych. Mat. Konf. Human and Nature Safety 3, 228–230.
- Kaźmierczak K., Pazdrowski W., Szymański M., Nawrot M., Mańka K., 2009. Slenderness of stems of common oak (*Quercus robur* L.) and selected biometric traits of trees. Mat. Konf. Human and Nature Safety 2, 53–56.
- Kaźmierczak K., Korzeniewicz R., Borzyszkowski W., 2016. Biosocjalne zróżnicowanie wzrostu i przyrostu 85-letnich sosen. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar. 15(2), 73–78. <https://doi.org/10.17306/J.AFW.2016.2.9>
- Korzeniewicz R., Borzyszkowski W., Szmyt J., Kaźmierczak K., 2016. Smukłość 30-letniego niepielegnowanego drzewostanu brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.). Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar 15(2), 79–86. <https://doi.org/10.17306/J.AFW.2016.2.10>
- Korzeniewicz R., Jakubowski M., Jelonek T., Kaźmierczak K., Tomczak A., 2017. Smukłość świerków (*Picea abies* (L.) H. Karst) w 30-letnim niepielegnowanym drzewostanie i jej związek z wybranymi cechami biometrycznymi. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar. 16(2), 131–140. <https://doi.org/10.17306/J.AFW.2017.2.13>
- Orzeł S., 2007. A comparative analysis of slenderness of the main tree species of the Niepołomice Forest. EJPAU Forestry, 10(2).
- Orzeł S., Socha J., 1999. Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach Beskidów Zachodnich. Sylwan 143(4), 35–43.
- Rymer-Dudzińska T., 1992a. Smukłość drzew w drzewostanach sosnowych. Sylwan 11, 35–44.
- Rymer-Dudzińska T., 1992b. Zależność średniej smukłości drzew w drzewostanach od różnych cech taksacyjnych drzewostanu. Sylwan 12, 19–25.
- Rymer-Dudzińska T., Tomusiak R., 2000. Porównanie smukłości drzewostanów bukowych i dębowych. Sylwan 144(9), 45–52.
- Schütz J.-P., Götz M., Schmid W., Mandallaz D. 2006. Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. Eur. J. For. Res., 125, 291–302. <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0111-0>
- Szabla K., Szujewski A., 2017. W poszukiwaniu perspektywicznej koncepcji ochrony lasu. Mat. Konf. IX Sesji Zimowej Szkoły Leśnej przy IBL, Sękocin Stary, 14–16 marca, 45–57.
- Zajączkowski J., 1991. Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu. Wyd. Świat, Warszawa.

Źródło finansowania badań: Badania uzyskały wsparcie finansowe polskiego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Summary. The paper presents results of an analysis of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) slenderness, which has been done in the 103 years old forest stand grown in Chelm Forest District (Regional Directorate of State Forests in Lublin). The dependence between slenderness of the pine tree and dimensions of the trunk and the crown dimensions of a single tree were examined. The biosocial position of each tree was determined based on the Kraft's classification criteria. Following dimensions were measured for each tree: height, height of base of live crown, crown radius, diameter at breast height. The following crown parameters related to the

growth space of a single tree were determined: crown length, crown width, crown projection area, space of a single tree, Seebach's growth space number, crown projection area to basal area ratio, crown spread. Based on the obtained results, the following was found: biosocial position of the Scots pine tree in vertical structure of the stand has significant impact on the size of the tree slenderness; the slenderness increases with deterioration of the biosocial position of the tree, but it decreases with the increase in the value of the tree's measurement feature and the measures of its crown.

Key words: *Pinus sylvestris* L., Kraft class, slenderness, Seebach growth space

Otrzymano/ Received: 20.10.2019
Zaakceptowano/ Accepted: 25.06.2020