

KRZYSZTOF MICHALEC

Wpływ wskaźnika zadrzewienia drzewostanu na wybrane cechy makrostruktury i gęstość drewna świerkowego (*Picea abies* (L.) Karst.)*

Effect of stand density index on selected features of macrostructure and density of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) wood

ABSTRACT

Michalec K. 2020. Wpływ wskaźnika zadrzewienia drzewostanu na wybrane cechy makrostruktury i gęstość drewna świerkowego (*Picea abies* (L.) Karst.). Sylwan 164 (9): 719-725. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2020049>.

The aim of the study was to determine the influence of stand density index on the tree-ring width, latewood proportion and wood density for Norway spruce. Study sites were located as follows: 12 within the north-eastern species range in Poland, 7 in the south-western range, in the Sudety Mts., and 9 in the Carpathians (southern range). Clustering stands according to their stand density index, 10 data groups were established: stand density index values from 0.3 to 1.2. The study plots were 100×100 m squares. On each plot 15 trees were chosen and increment cores were sampled using the Pressler borer. The smoothed cores served for measuring the width of annual rings, latewood zones and the share of latewood as well as for determination of relative wood density. The performed analyses indicate that mean tree-ring width was the highest in trees from stands with density index from 0.3 to 0.8 (with the exception of 0.7), whereas the it was gradually decreasing in stands with index higher than 0.9. The statistically significant differences between the analyzed stands were observed ($p < 0.0001$). The analysis of the influence of stand density index and the width of annual rings revealed significant, negative weak correlation ($r = -0.242$, $p < 0.001$). In turn, the latewood proportion was the highest in trees from stands characterised by the highest stand density index and the lowest in trees from stands with the lowest one. The differences between analyzed groups of stands were statistically significant ($p < 0.0001$), as well as the correlation which was significant, positive and weak ($r = 0.269$, $p < 0.001$). Wood density was the highest in trees from stands with the highest stand density index ($1.1 - 363 \text{ kg/m}^3$ i $1.2 - 365 \text{ kg/m}^3$) as well as in those from stands characterised by 0.7 density index (369 kg/m^3). Significant differences were observed ($p < 0.0001$) only between stand density index 0.3-0.7 and 0.7-0.8. Significant correlation was not observed.

KEY WORDS

tree-ring width, latewood proportion, wood density, Norway spruce

ADDRESSES

Krzysztof Michalec – e-mail: krzysztof.michalec@urk.edu.pl

Katedra Użytkowania Lasu, Inżynierii i Techniki Leśnej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie;
al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

*Badania sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.

Wstęp

Wskaźnik zadrzewienia drzewostanu to jedna z cech taksacyjnych drzewostanów, która odpowiednio regulowana może wpływać na jakość drewna, jego budowę wewnętrzną oraz gęstość. Utrzymując właściwe zagęszczenie drzewostanów, zwłaszcza u gatunków światłożądnych, doprowadza się do szybszego procesu oczyszczania, co na wczesnym etapie życia drzewa powoduje tworzenie się małych, szybko zarastających sęków. To z jednej strony daje szansę na wyprodukowanie (wyhodowanie) w przyszłości surowca drzewnego wysokiej jakości, ale z drugiej strony łączna wartość drewna pochodzącego z drzewostanu o mniejszym wskaźniku zadrzewienia jest czasami większa niż wartość drewna z drzewostanu o wskaźniku większym, zwłaszcza w końcowych etapach wzrostu (drzewostany w IV i V klasie wieku) [Bembenek i in. 2014]. Utrzymywanie wysokiego wskaźnika zadrzewienia wpływa również na wolne przyrastanie drzew, czyli wytwarzanie wąskich przyrostów rocznych, o większym udziale drewna późnego, a co za tym idzie o większej gęstości. Skutkuje to jednak mniejszą miąższością takich drzew oraz mniejszą miąższością sortymentów cennych. Zależność ta szczególnie uwidacznia się u gatunków iglastych [Krzyśk 1974; Schmidt-Vogt 1986; Petty i in. 1990; Wąsik 2007; Jyske i in. 2008; Tomczak i in. 2009]. Wielu autorów wiąże jakość i właściwości drewna świerkowego z warunkami klimatycznymi, zwłaszcza wilgotnością i temperaturą [Sander i in. 1995; Modrzyński 1998; Bouriaud i in. 2005; Franceschini i in. 2013; van der Maaten-Theunissen i in. 2013; Nabais i in. 2018]. Niektórzy badacze uzależniają z kolei zmienność cech drewna od pochodzenia świerka [Barzdajn 1996; Matras 2002; Zubizarreta-Gerendiain i in. 2012; Szaban i in. 2014]. Nieliczni autorzy badają natomiast wpływ cech taksacyjnych drzewostanów na właściwości drewna tego gatunku [Surmiński 1998; Alteyrac i in. 2005; Jaakkola i in. 2005; Michalec i in. 2016, 2019].

Celem pracy było określenie wpływu wskaźnika zadrzewienia drzewostanu na szerokość słoików rocznych, udział drewna późnego oraz gęstość drewna świerkowego.

Materiał i metody

Wstępnego typowania drzewostanów do badań dokonano na podstawie opisów zawartych w operatach urzędzeniowych poszczególnych nadleśnictw. Brano po uwagę drzewostany w wieku 70 lat lub starsze. W każdym nadleśnictwie wytypowano po kilka drzewostanów, z których na podstawie wizji terenowej wybierano 1 lub 2 najbardziej odpowiadające wymaganym kryteriom. Ostatecznie na obszarze północno-wschodniego zasięgu świerka (Mazury) zlokalizowano 12 powierzchni badawczych (umiejscowionych w 12 nadleśnictwach), natomiast w granicach zasięgu południowo-zachodniego (Góry) założono w Sudetach 7 powierzchni (6 nadleśnictw), a w Karpatach 9 (7 nadleśnictw). Badane drzewostany rosły na różnych siedliskach: na terenie zasięgu północno-wschodniego (Mazury) były to BMśw, BMw, LMśw i Lśw, natomiast na terenie zasięgu południowo-zachodniego (Góry) BWG, BG, BMG, LMG i LG. Grupując drzewostany pod względem wskaźnika zadrzewienia drzewostanu, utworzono 10 grup w odstopniowaniu co 0,1 (od 0,3 do 1,2).

Powierzchnie lokalizowano w miejscach najbardziej reprezentatywnych dla warunków panujących w drzewostanie pod względem wskaźnika zadrzewienia, zwarcia i jakości świerkowego surowca drzewnego. Miały one kształt kwadratu o boku 100 m. Na powierzchniach próbnych wykonano pomiar pierśnicy każdego świerka o grubości 7 cm i większej oraz pobrano po jednym wywiercie świdrem Presslera z każdego z 15 wytypowanych drzew. Typowania drzew próbnych do pobrania wywierców dokonywano według metody Draudta [Grochowski 1973], polegającej na przydzielaniu liczby drzew próbnych proporcjonalnie do liczebności drzew w stopniach pierśnic. W terenach górskich (pochyłych) wywierty pobierano od dołu stoku, a na terenach nizinnych

stosowano kierunek zmienny. Wywierci wykonywano do rdzenia na wysokości około 30 cm od powierzchni gruntu, do maksymalnej głębokości 40 cm. Aby nie uszkadzać cennych odziomków, wywierci starano się pobierać jak najniżej na pniu, tak aby otwór po odwiercie znalazł się poniżej przyszłego rządu ścinającego.

Na wygładzonych powierzchniach odwiertów ustalano szerokość przyrostów rocznych i strefy drewna późnego oraz udział drewna późnego. Pomiarów z dokładnością do 0,01 mm dokonano z użyciem specjalistycznego oprogramowania Przyrost WP na obrazie elektronicznym, po zeskanowaniu odwiertów. Następnie odwierty dzielono na sekcje o długości 2 cm i ustalano dla nich względną gęstość drewna (γ_w) według wzoru:

$$\gamma_w = \frac{m_0}{V_{max}}$$

gdzie:

m_0 – masa drewna absolutnie suchego,

V_{max} – objętość drewna w stanie maksymalnego spęcznienia.

Pomiaru objętości dokonano metodą hydrostatyczną (wypierania wody) [Olesen 1971]. Po zmierzeniu objętości próbki suszono, a potem określano masę w stanie absolutnie suchym. Następnie gęstości z poszczególnych sekcji przeliczano proporcjonalnie na cały wywierci według wzoru:

$$\gamma_w = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_{si} \cdot p_i}{100}$$

gdzie:

γ_w – względna gęstość drewna,

γ_{si} – względna gęstość drewna sekcji wywierci,

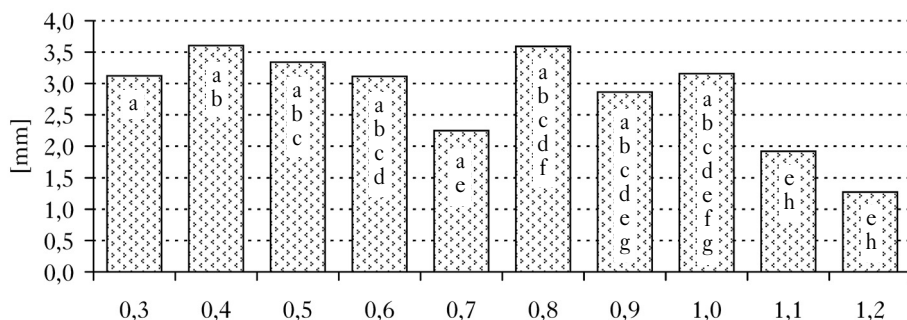
p_i – procentowy udział sekcji w powierzchni przekroju poprzecznego pnia,

n – liczba sekcji [Niedzielska 1995].

Ze względu na to, że po zastosowaniu testu Shapiro-Wilka odrzucono hipotezę zerową o normalności rozkładu danych, do analizy istotności różnic wykorzystano test Kruskala-Wallisa oraz test wielokrotnych porównań średnich *post-hoc*, a do badania korelacji test R Spearmana.

Wyniki

Największa średnia szerokość słoików rocznych wystąpiła u drzew pochodzących z drzewostanów o zadrzewieniu od 0,3 do 0,8 (z wyjątkiem drzewostanów o wskaźniku 0,7) – około 3 mm, natomiast od zadrzewienia 0,9 szerokość przyrostów stopniowo malała, uzyskując wartość 1,27 mm w drzewostanach o wskaźniku 1,2 (ryc. 1, tab.), przy współczynniku zmienności wahającym się od 22,16 do 45,68%. Odnotowano istotne różnice między badanymi grupami drzewostanów ($p < 0,0001$). Badając zależność między wskaźnikiem zadrzewienia a szerokością przyrostów rocznych, stwierdzono istotną korelację ujemną słabą ($r = -0,242$, $p < 0,001$). Udział drewna późnego wykazał największe wartości w drzewostanach o najwyższym wskaźniku zadrzewienia (1,1, 1,2), a najmniejsze o wskaźniku najniższym (0,3-0,5) (ryc. 2), przy zmienności od 13,84 do 30,23% (tab.). Stwierdzono istotne różnice między badanymi grupami drzewostanów ($p < 0,0001$). Również korelacja okazała się istotna, dodatnia słaba ($r = 0,269$, $p < 0,001$). Największą średnią gęstość drewna stwierdzono u drzew pochodzących z drzewostanów o najwyższym wskaźniku zadrzewienia (1,1 – 363 i 1,2 – 365 kg/m^3), ale również w drzewostanach o wskaźniku 0,7 (369 kg/m^3) (ryc. 3). W przypadku tej cechy współczynnik zmienności był mniejszy i wahał się od 6,00 do 15,73% (tab.). Tu również stwierdzono istotne różnice między grupami danych ($p < 0,0001$), przy czym tylko w 2



Ryc. 1.

Szerokość przyrostów rocznych [mm] w zależności od wskaźnika zadrzewienia drzewostanu

Tree-ring width [mm] in relation to the stand density index

ta sama litera oznacza brak istotnych różnic; the same letter indicates lack of significant differences

Tabela.

Najmniejsza (Min) i największa (Max) wartość, odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (CV [%]) analizowanych parametrów w zależności od wskaźnika zadrzewienia drzewostanu

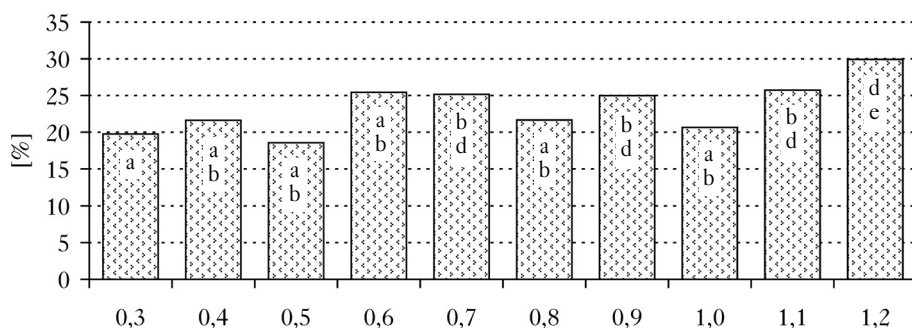
The lowest (Min) and the highest (Max) value, standard deviation (SD) and coefficient of variation (CV [%]) of analysed parameters with regard to the stand density index

	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Szerokość słoja rocznego [mm]										
Tree-ring width										
Min	1,69	2,47	1,10	1,72	0,84	1,28	1,19	1,53	0,96	0,42
Max	6,25	5,30	7,93	4,65	4,04	7,21	8,64	5,13	3,80	1,83
SD	1,27	0,80	1,53	0,77	0,79	1,15	1,18	0,90	0,62	0,34
CV	40,75	22,16	45,68	24,72	35,32	31,94	41,17	28,50	32,21	26,71
Udział drewna późnego [%]										
Latewood proportion										
Min	11,76	15,14	8,39	12,56	10,57	8,49	11,23	12,09	18,74	23,38
Max	29,24	28,83	29,91	46,78	45,63	38,89	47,49	33,29	33,36	36,85
SD	4,71	4,21	5,56	7,69	6,41	6,10	6,82	6,11	3,56	4,27
CV	23,84	19,47	29,98	30,23	25,48	28,17	27,31	29,58	13,84	14,26
Gęstość drewna [kg/m ³]										
Wood density										
Min	298	284	255	296	295	269	248	293	297	287
Max	393	382	486	461	523	490	545	378	449	485
SD	0,25	0,30	0,55	0,45	0,47	0,37	0,47	0,21	0,40	0,45
CV	7,41	9,08	15,75	12,73	12,67	11,04	13,18	6,00	11,08	12,30

porównaniach: drzewostanach o wskaźniku zadrzewienia 0,3-0,7 i 0,7-0,8. Nie stwierdzono natomiast korelacji istotnej.

Dyskusja

Stwierdzono, że najszerze przyrosty roczne wystąpiły w drzewostanach o najmniejszym wskaźniku zadrzewienia, a najwęższe w drzewostanach o wskaźniku największym. W zakresie udziału drewna późnego potwierdzono, że u gatunków iglastych przy szerszych przyrostach rocznych zmniejsza się udział drewna późnego [Krzysik 1974; Schmidt-Vogt 1986; Petty i in. 1990; Wąsik 2007; Jyske i in. 2008; Tomczak i in. 2009]. Mniejszy udział tego drewna odnotowano w drzewosta-

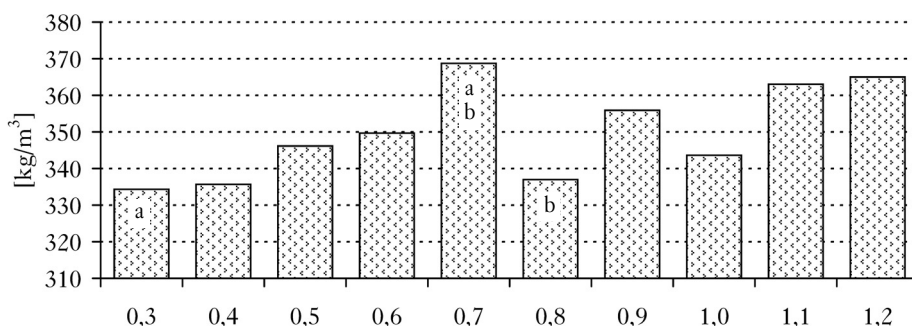


Ryc. 2.

Udział drewna późnego [%] w zależności od wskaźnika zadrzewienia drzewostanu

Latewood proportion [%] in relation to the stand density index

ta sama litera oznacza brak istotnych różnic; the same letter indicates lack of significant differences



Ryc. 3.

Gęstość drewna [kg/m³] w zależności od wskaźnika zadrzewienia drzewostanu

Wood density [kg/m³] in relation to the stand density index

ta sama litera oznacza istotne różnice; the same letter indicates significant differences

nach o mniejszym wskaźniku zadrzewienia. W przypadku gęstości drewna stwierdzono co prawda istotne różnice między grupami danych, ale po głębszej analizie okazało się, że tylko między drzewostanami o wskaźniku zadrzewienia 0,3-0,7 i 0,7-0,8 występują istotne różnice. W poprzednich pracach autorów [Michalec i in. 2016, 2019], gdzie analizowano drewno z regła górnego i dolnego oraz drewno z różnych siedlisk, również zaobserwowano brak istotnych różnic w gęstości drewna między badanymi grupami drewna. Podobne wyniki uzyskali Alteyrac i in. [2005] w Kanadzie, prowadząc badania na świerku czarnym (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.). Stwierdzili oni, że szerokość słoików rocznych i udział drewna wczesnego zmniejszają się w drzewostanie o większym zagęszczeniu, natomiast gęstość drewna nie wykazuje takiej zależności i nie różni się istotnie. Badania prowadzone w Finlandii na świerku pospolitym [Jaakkola i in. 2005] wykazały podobne zależności. W drzewostanach świerkowych prowadzono trzebieże o słabej, normalnej i dużej intensywności. W wyniku tych zabiegów zaobserwowano, że drzewa wykazywały większe przyrosty w drzewostanach normalnie i silnie przerzedzanych w porównaniu do drzewostanów słabo przerzedzanych. Natomiast nie stwierdzono istotnej różnicy w gęstości drewna. Z kolei Cao i in. [2008], prowadząc badania w Finlandii nad wpływem intensywności trzebieży na właściwości drewna świerkowego, stwierdzili, że zwiększenie intensywności trzebieży wpływa na zmniejszenie gęstości drewna oraz zmniejszenie udziału drewna późnego.

Wnioski

- ✦ W drzewostanach o mniejszym wskaźniku zadrzewienia stwierdzono szersze przyrosty roczne, natomiast w drzewostanach o większym wskaźniku zadrzewienia wykazano węższe przyrosty, a różnice te były statystycznie istotne i wykazywały korelację ujemną słabą.
- ✦ Udział drewna późnego był największy w drzewostanach o największych wskaźnikach zadrzewienia, a najmniejszy w drzewostanach o wskaźniku najmniejszym. W większości przypadków różnice te były statystycznie istotne, a cecha ta wykazała korelację dodatnią słabą.
- ✦ Analizując gęstość drewna, stwierdzono, że największe jej wartości wystąpiły w drzewostanach o największym wskaźniku zadrzewienia, a najmniejsze w drzewostanach o wskaźniku najmniejszym. Jednak istotne różnice wystąpiły tylko w 2 porównaniach: drzewostanach o wskaźniku zadrzewienia 0,3-0,7 i 0,7-0,8. Nie stwierdzono natomiast korelacji istotnej.
- ✦ Chcąc wyhodować drewno o wysokich właściwościach mechanicznych (do celów budowlanych, konstrukcyjnych), wynikających z odpowiedniej jego budowy, należałoby utrzymywać drzewostany w większym zagęszczeniu.
- ✦ Utrzymując drzewostany w silnym zagęszczeniu, otrzymuje się drzewa o mniejszych średnicach i mniejszych miąższościach, co może skutkować mniejszą miąższością sortymentów cennych.

Literatura

- Alteyrac J., Zhang S. Y., Cloutier A., Ruel J.-C. 2005. Influence of stand density on ring width and wood density at different sampling heights in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.). *Wood Fiber Sci.* 37 (1): 83-94.
- Barzdajn W. 1996. Zmienność gęstości drewna świerka pospolitego [*Picea abies* (L.) Karsten] w Polsce. PTPN. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych 82: 7-14.
- Bembek M., Karaszewski Z., Kondracki K., Łacka A., Mederski P. S., Skorupski M., Strzeleński P., Sułkowski S., Węgiel A. 2014. Value of merchantable timber in Scots pine stands of different densities. *Drewno Pr. Nauk. Donies. Komunik.* 57 (192): 133-142.
- Bouriaud O., Leban J. M., Bert D., Deleuze C. 2005. Intra-annual variations in climate influence growth and wood density of Norway spruce. *Tree Physiology* 25: 651-660.
- Cao T., Valsta L., Härkönen S., Saranpää P., Mäkelä A. 2008. Effects of thinning and fertilization on wood properties and economic returns for Norway spruce. *Forest Ecology and Management* 256 (6): 1280-1289.
- Franceschini T., Longuetau F., Bontemps J. D., Bouriaud O., Caritey J. D., Leban J. M. 2013. Effect of ring width, cambial age, and climatic variables on the within-ring wood density profile of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. *Trees* 27: 913-925.
- Grochowski J. 1973. *Dendrometria*. PWRiL, Warszawa.
- Jaakkola T., Mäkinen H., Saranpää P. 2005. Wood density in Norway spruce: changes with thinning intensity and tree age. *Can. J. Forest. Res.* 35 (7): 1767-1778.
- Jyske T., Mäkinen H., Saranpää P. 2008. Wood density within Norway spruce stems. *Silva Fennica* 42 (3): 439-455.
- Krzysik F. 1974. *Nauka o drewnie*. PWN, Warszawa.
- van der Maaten-Theunissen M., Boden S., van der Maaten E. 2013. Wood density variations of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) under contrasting climate conditions in southwestern Germany. *Ann. For. Res.* 56 (1): 91-103.
- Matras J. 2002. Zróżnicowanie gęstości drewna populacji świerka na powierzchni doświadczalnej w Knyszynie w relacji do zróżnicowania populacji matecznych. *Prace IBL A* 914 (1): 21-33.
- Michalec K., Wąsik R., Barszcz A. 2016. Zmienność wybranych cech makrostruktury i gęstości drewna świerkowego (*Picea abies* [L.] Karst.) pochodzącego z drzewostanów rosnących w reglu dolnym i górnym. *Sylwan* 160 (10): 855-860. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2016084>.
- Michalec K., Wąsik R., Barszcz A. 2019. Zmienność wybranych cech makrostruktury i gęstości drewna świerkowego (*Picea abies* (L.) Karst.) pochodzącego z drzewostanów rosnących na różnych siedliskowych typach lasu. *Sylwan* 163 (3): 209-215. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2018141>.
- Modrzyński J. 1998. Ekologia. Zarys ekologii świerka. W: Boratyński A., Bugała W. [red.]. *Biologia świerka pospolitego*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań. 303-357.
- Nabais C., Hansen J. K., David-Schwartz R., Klisz M., López R., Rozenberg P. 2018. The effect of climate on wood density: What provenance trials tell us? *Forest Ecology and Management* 408: 148-156.

- Niedzielska B. 1995. Zmienność gęstości oraz podstawowych cech makroskopowej struktury drewna jodły (*Abies alba* Mill.) w granicach jej naturalnego występowania w Polsce. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Rozprawy 198.
- Olesen P. O. 1971. The water displacement method. The Royal Veterinary and Agricultural University of Copenhagen.
- Petty J. A., Macmillan D. C., Teward C. M. 1990. Variation of density and growth ring width in stems of Sitka and Norway spruce. *Forestry* 63 (1): 39-49.
- Sander C., Eckstein D., Kynel J., Dobry J. 1995. The growth of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Karkonoše-(Giant) Mountains as indicated by ring width and wood density. *Ann. Sci. For.* 52: 401-410.
- Schmidt-Vogt H. 1986. Die Fichte. T. 2/1. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Surmiński J. 1998. Drewno i inne użytki świerkowe. W: Boratyński A., Bugała W. [red.]. *Biologia świerka pospolitego*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań. 579-590.
- Szaban J., Kowalkowski W., Karaszewski Z., Jakubowski M. 2014. Effect of tree provenance on basic wood density of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) grown on an experimental plot at Siemianice forest experimental station. *Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik.* 57 (191): 135-143.
- Tomeczak A., Pazdrowski W., Jelonek T., Grzywiński W. 2009. Jakość drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Część I. Charakterystyka wybranych cech i właściwości drewna wpływających na jego jakość. *Sylwan* 153 (6): 363-372. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2008047>.
- Wąsik R. 2007. Zmienność wybranych cech makrostruktury i gęstości drewna daglezi zielonej (*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* Franco) na terenie Polski. *Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik.* 50 (178): 57-85.
- Zubizarreta-Gerendiain A., Gort-Oromi J., Mehtätalo L., Peltola H., Venäläinen A., Pulkkinen P. 2012. Effects of cambial age, clone and climatic factors on ring width and ring density in Norway spruce (*Picea abies*) in southeastern Finland. *Forest Ecology and Management* 263: 9-16.