

RADOŚLAW WĄSIK, KRZYSZTOF MICHAŁEC

Zmienność wybranych cech makrostruktury i gęstości drewna dębu czerwonego (*Quercus rubra* L.) z Polski południowo-wschodniej*

Variability of selected macrostructural features and the wood density of northern red oak (*Quercus rubra* L.) from south-eastern Poland

ABSTRACT

Wąsik R., Michalec K. 2020. Zmienność wybranych cech makrostruktury i gęstości drewna dębu czerwonego (*Quercus rubra* L.) z Polski południowo-wschodniej. Sylwan 164 (10): 850-859. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2020090>.

The aim of the paper was to determine the variability of selected macrostructural features and wood density for northern red oak growing in south-eastern Poland. On 4 study plots, we sampled each tree, taking an increment core from the northern side of the trunk, from the height of 1.3 m. The number of tree rings, width and the share of sapwood was measured. The cores were scanned and then tree ring and latewood widths were measured. The latewood proportion in each ring was calculated. Next, starting from the bark, the cores were divided into sections containing 10 annual rings. The relative wood density was determined for each section, then the density was calculated for entire stem cross-section. The mean sapwood width was 1.5 cm. It included 7 annual rings on average, and its share in the trunk cross-sectional area reached 17%. Younger red oaks (II and III age classes) had a significantly higher share of sapwood compared to older trees (IV and V age classes). The investigated red oaks formed narrow-ring wood with an average width of 2.16 mm. The trees growing on deciduous forest habitat had a more equal tree ring width compared to trees from coniferous forest habitats, where this feature showed also higher variability. The latewood proportion in the studied red oaks was 60% on average. The mean relative wood density was 0.578 g/cm³ and it was slightly higher than the value given for red oaks growing in North America. The calculated absolute density (with an assumed volumetric shrinkage from 12.9 to 13.7%) varied from 0.664 to 0.670 g/cm³. It classifies the investigated wood as moderately heavy. Similar density values are given for native oaks, which allows to assume that the technical quality of the wood of red oaks growing in Poland is similar to native oak species. The wood of trees from deciduous forest habitat showed a significantly higher density and a more equal distribution compared to the trees from coniferous forest sites. The raw material of red oaks obtained from deciduous forest habitats should characterize by a better technical quality of wood in comparison with that obtained from coniferous forest sites.

KEY WORDS

red oak, sapwood, annual rings, latewood, density

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

ADDRESSES

Radosław Wąsik – e-mail: radoslaw.wasik@urk.edu.pl
 Krzysztof Michalec

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

Wstęp

Szacuje się, że w Europie obce gatunki drzew stanowią około 4%, rosnąc na powierzchni 8,5 mln ha [Pötzelberger i in. 2020]. Jednym z nich jest dąb czerwony, który w Europie zajmuje powierzchnię około 350 tys. ha. Drewno tego gatunku uważane jest za cenne, jednak jego jakość ustępuje dębom rodzimym: szypułkowemu i bezszypułkowemu. Wykorzystuje się je w budownictwie, do wykańczania wnętrz, jako materiał podłogowy i na panele ścienne, do produkcji mebli (głównie jako fornir) oraz na opał [Nicolescu i in. 2018].

W Polsce jest to najpopularniejszy obcy gatunek drzewa, w 2017 roku na terenach administrowanych przez Lasy Państwowe (LP) stwierdzany w składzie gatunkowym drzewostanów zajmujących powierzchnię prawie 300 tys. ha (powierzchnia zredukowana – około 15 tys. ha). Miąższość drewna tego gatunku w drzewostanach na terenie LP w roku 2017 szacowana była na ponad 46 tys. m³, a jego wartość na pniu – na prawie 2,5 mln euro [Gazda i in. 2017]. Obecnie drewno dębu czerwonego wykorzystywane jest w Polsce w niewielkim stopniu. Biorąc jednak pod uwagę pozytywne wyniki prób zastosowania amerykańskiego dębu czerwonego jako drewna konstrukcyjnego, w których gatunek ten wykazał lepsze właściwości wytrzymałościowe niż dęby europejskie, należy oczekiwać, że w niedalekiej przyszłości zainteresowanie tym surowcem ze strony przemysłu drzewnego wzrośnie [Orlikowska 2020]. Wydaje się, że drewno dębów czerwonych wzrastających poza obszarem naturalnego ich występowania może wykazywać odmienne właściwości. W Polsce, o ile autorom wiadomo, nie prowadzono do tej pory badań zmienności cech drewna tego gatunku wzrastającego w warunkach naszego kraju.

Celem niniejszej pracy była charakterystyka zmienności wybranych cech makrostruktury i gęstości drewna dębu czerwonego rosnącego na terenie Polski południowo-wschodniej.

Materiał i metody

Badania prowadzono na terenie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych w Lublinie oraz Krośnie. Badane dęby z nadleśnictw Świdnik (powierzchnia 1) oraz Nowa Dęba (powierzchnia 3) wzrastają na siedlisku lasu mieszanego świeżego oraz lasu mieszanego wilgotnego. Drzewa z nadleśnictwa Gościeradów (powierzchnia 2) i Leżajsk (powierzchnia 4) rosną na siedliskach borowych. W pierwszym przypadku, ze względu na niewielką liczbę osobników dębu czerwonego, powierzchnia badawcza obejmowała 2 wydzielenia, z których w jednym było siedlisko boru świeżego, w drugim – boru mieszanego świeżego. W Nadleśnictwie Leżajsk dęby czerwone wzrastały na siedlisku boru mieszanego świeżego.

Wiek drzew wahał się od 33 do 93 lat. Stwierdzono duże zróżnicowanie wieku dębów czerwonych rosnących na tych samych powierzchniach badawczych. Nierzadko różnice wieku drzew przekraczały 20 lat (Gościeradów, Leżajsk). W celu analizy zależności badanych cech od wieku drzew przyjęto dla każdego osobnika jako rzeczywisty wiek liczbę przyrostów rocznych w odwiercie powiększoną o 4 lata. Według Szymańskiego [1982] w tym bowiem wieku dąb czerwony dorasta do wysokości około 160 cm.

Na każdej powierzchni badawczej przy pomocy średnicomierza zmierzono z dokładnością do 1 mm pierśnicę wszystkich dębów czerwonych na kierunku północ-południe, następnie proporcjonalnie do liczebności drzew w przedziałach pierśnic wybrano 30 drzew próbnych z po-

wierzchni badawczych 1, 3 i 4 oraz 15 drzew próbnych z powierzchni 2. Każdemu drzewu próbnemu zmierzono przy pomocy koromierza grubość kory od północnej i południowej strony pnia z dokładnością do 1 mm. Na tej podstawie możliwe było określenie średnicy oraz pola powierzchni pnia bez kory.

Z pnia każdego drzewa próbnego pobrano z wysokości 1,3 m od powierzchni gruntu od północnej strony po jednym odwiercie przy użyciu świdra przyrostowego. Odwiert zabezpieczono, opisano i przewieziono do laboratorium. Każdy odwiert umieszczono w specjalnym uchwycie i przy pomocy noża z segmentowym ostrzem ścięto prostopadle do przebiegu włókien drzewnych cienką warstwę drewna. Przygotowane w ten sposób przekroje poprzeczne odwiertów poddano dalszej analizie. Określono liczbę przyrostów rocznych wchodzących w skład bielu oraz przy pomocy linijki zmierzono szerokość bielu z dokładnością 1 mm. Dzięki uzyskanym danym obliczono udział bielu na powierzchni przekroju poprzecznego pnia. Przy pomocy skanera Epson model 12000 XL zeskanowano przekroje poprzeczne odwiertów z rozdzielczością 1200 dpi, uzyskując obrazy elektroniczne w formacie bitmapy. Używając programu Przyrost WP Biotronik, dokonano na obrazach elektronicznych pomiaru szerokości przyrostów rocznych i stref drewna późnego z dokładnością do 0,01 mm. Dysponując powyższymi danymi, obliczono dla każdego słoja przyrostu rocznego udział drewna późnego.

W celu określenia zmienności badanych cech makrostruktury drewna na promieniu przekroju poprzecznego pnia każdy odwiert, począwszy od obwodu, podzielono na sekcje, obejmujące po 10 przyrostów rocznych. W skład sekcji przyrdzeniowej, obejmującej najstarsze drewno, wchodziło zwykle mniej niż 10 sło. Kolejnym etapem było określenie względnej (umownej) gęstości drewna, stanowiącej iloraz masy drewna absolutnie suchego i jego objętości w stanie maksymalnie spęczniałym. Sekcje odwiertu suszono do stanu absolutnie suchego w suszarce POL-EKO model SLW 400 STD i ważono na wadze RADWAG model WPS 210/C z dokładnością do 0,001 g. Następnie drewno umieszczono w próbkach z wodą do momentu jego samoczynnego zatonięcia, po czym mierzono objętość sekcji metodą hydrostatyczną [Olesen 1971], używając wspomnianej wcześniej wagi. Gęstość drewna obliczono jako średnią ważoną udziałem poszczególnych sekcji w polu powierzchni przekroju poprzecznego pnia [Ericson 1959].

Normalność rozkładów zmiennych oceniano testem Shapiro-Wilka. W przypadku spełnienia kryterium normalności rozkładów istotność różnic między dwiema zbiorowościami weryfikowano testem t-Studenta lub gdy porównywanych zbiorowości było więcej – posługiwano się analizą wariancji i testem Scheffego. Gdy rozkład przynajmniej jednej zmiennej nie spełniał kryterium rozkładu normalnego, istotność różnic analizowano przy użyciu testów U Manna-Whitneya lub Kruskala-Wallisa i testu wielokrotnych porównań. W analizach statystycznych przyjęto poziom istotności $p=0,05$.

Wyniki

Analizom poddano 105 odwiertów pochodzących z 4 powierzchni badawczych zlokalizowanych w południowo-wschodniej Polsce. Średnia pierśnica badanych drzew wynosiła od 22,9 cm (pow. 4) do 40,4 cm (pow. 2). Zróżnicowanie tej cechy było największe na powierzchni 1. Współczynnik zmienności pierśnicy badanych drzew wyniósł 47%. W pozostałych trzech lokalizacjach zmienność cechy była wyraźnie niższa, a jej współczynnik zawarł się w przedziale od 8,2% (pow. 2) do 17,5% (pow. 4). Nie stwierdzono istotnych różnic ($p=0,741$) wieku badanych drzew między siedliskami lasowymi, gdzie średni wiek wyniósł 59 lat (pow. 1 i 3), a borowymi, o średnim wieku drzew 55 lat (pow. 2 i 4). Można zatem stwierdzić, że ewentualne różnice właściwości drewna wykazane pomiędzy grupami dębów wzrastających na różnych siedliskach nie wynikają z różnic wieku między nimi.

Tabela 1.

Lokalizacja (RDLP, nadleśnictwo, leśnictwo i wydzielenie oraz współrzędne GPS), skład gatunkowy (gatunek, udział, wiek [lata]), typ siedliskowy lasu (TSL) i zadrzewienie (Zad) na powierzchniach badawczych (1-4)

Location (lokalizacja; regional directorate, forest district, forestry, compartment, GPS coordinates), species composition (skład; species, share, age [years]), habitat type (TSL) and stocking (Zad) on study plots (1-4)

	Lokalizacja	Skład	TSL	Zad
1	Lublin, Świdnik, Milejów 21c N: 51.2557; E: 22.9564	Db.c / 8 / 93; So / 2 / 41; Db.c / MJS / 73; Db.c. / MJS / 53 Db.c. / MJS / 33	LMśw	0,9
	Lublin, Gościeradów, Antoniów 294i N: 50.7156; E: 21.9768	So / 10 / 65; Db / MJS / 65; Db.c / MJS / 65; Db / MJS / 85; Brz / PJD / 65	Bśw	0,8
2	295d N: 50.7159; E: 21.9750	So / 10 / 108; Db / MJS / 108; Brz / MJS / 108; Db.c / MJS / 63; Db.c / MJS / 43; Db / MJS / -; Os / MJS / -	BMśw	0,7
	Lublin, Nowa Dęba, Poręby 211i N: 50.4145 E: 21.7616	So / 8 / 96; Db / 1 / 66; Db.c / 1 / 66; Jd / MJS / 56; Jd / MJS / 41; Bk / MJS / 66 Jd / MJS / 96; Ol / MJS / 96; Brz / PJD / 66	LMw	0,9
4	Krosno, Leżajsk, Sarzyna 25b N: 50.3297; E: 22.3288	So / 6 / 97; Db.c / 2 / 67; Db.c / 2 / 42; Bk / MJS / 67	BMśw	1,2

Brz – birch, Bk – beech, Db – oak, Db.c – red oak, Jd – fir, Ol – alder, So – pine, MJS – in places, PJD – single-tree, LMśw – fresh mixed forest, Bśw – fresh coniferous forest, BMśw – fresh mixed coniferous forest, LMw – moist mixed deciduous forest

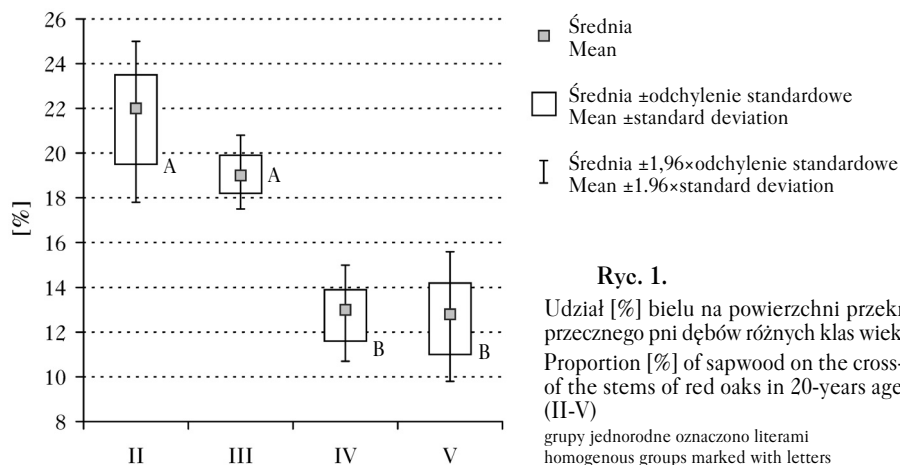
Biorąc pod uwagę całość badanego materiału, średnio w strefie bielu notowano 7 słojuw przyrostu rocznego (tab. 2). Zróżnicowanie średnich cechy między powierzchniami jest znikome (współczynnik zmienności 8,3%). Większą zmienność notowano w ramach poszczególnych powierzchni, gdzie wartości współczynników zmienności kształtowały się w zakresie od 22,8 do 33,8%. Nie wykazano istotnych różnic liczby przyrostów w bielu między dębami różnych klas wieku ($p=0,426$), a także między wzrastającymi na siedliskach lasowych i borowych ($p=0,166$). Średnia szerokość strefy bielu dla całości badanego materiału osiągnęła 12,5 mm, uzyskując na poszczególnych powierzchniach badawczych wartości średnie z zakresu od 10,0 do 15,1 mm (tab. 3). Podobnie jak w przypadku liczby przyrostów w bielu, również szerokość tej strefy wykazała większe zróżnicowanie w ramach powierzchni badawczych niż między nimi. Nie stwierdzono istotnych różnic szerokości bielu zarówno między dębami różnych klas wieku ($p=0,478$), jak i między wzrastającymi na siedliskach borowych i lasowych ($p=0,930$). Biorąc pod uwagę ogół badanych drzew, średni udział bielu na powierzchni przekroju poprzecznego pnia wyniósł 17,2% (tab. 2). Wartości średnie uzyskane dla poszczególnych powierzchni badawczych mieściły się w przedziale od 12,7 do 22,2%. Zróżnicowanie cechy w ramach powierzchni badawczych było nieco wyższe niż między nimi, podobnie jak w przypadku dwóch poprzednich cech bielu (tab. 2). Dęby z II i III klasy wieku mają istotnie większy udział bielu w porównaniu do drzew klas IV i V (ryc. 1). Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic cechy między osobnikami wzrastającymi na siedliskach lasowych i borowych ($p=0,967$).

Tabela 2.

Średnia (M), minimum (Min), maksimum (Max) i współczynnik zmienności (V [%]) liczby przyrostów bielu (LpB), szerokości bielu (SzB [mm]), udziału bielu (UB [%]), szerokości przyrostu rocznego (SzPR [%]), udziału drewna późnego (UDP [%]) i gęstości drewna (γ_w [g/cm³])

Mean (M), minimum (Min), maximum (Max) and coefficient of variation (V [%]) of the number of annual rings in sapwood (LpB), sapwood width (SzB [mm]), share of sapwood (UB [%]), tree ring width (SzPR [mm]), share of latewood (UDP [%]) and wood density (γ_w [g/cm³])

		LpB	SzB	UB	SzPR	UDP	γ_w
1	Min	4	2,9	4,7	0,65	44,4	0,481
	M	7	10,0	12,7	1,77	59,0	0,572
	Max	14	26,6	31,6	3,69	69,1	0,659
	V	33,8	58,8	50,3	45,7	9,5	6,7
2	Min	6	7,0	6,8	1,66	56,5	0,538
	M	8	15,1	15,4	2,59	66,0	0,575
	Max	11	24,0	22,1	5,00	82,9	0,608
	V	22,8	33,6	31,3	32,9	10,1	3,6
3	Min	5	6,9	9,8	0,71	41,0	0,552
	M	8	14,3	22,2	2,24	50,5	0,627
	Max	15	35,5	39,6	4,63	66,4	0,688
	V	26,7	36,4	29,6	46,1	12,2	5,0
4	Min	4	5,0	8,8	0,79	32,3	0,482
	M	7	10,6	18,4	2,06	62,3	0,536
	Max	11	24,5	28,3	3,46	74,2	0,588
	V	26,3	40,7	26,9	33,1	17,6	4,6
Razem In total	Min	4	2,9	4,7	0,65	32,3	0,481
	M	7	12,5	17,2	2,16	59,4	0,578
	Max	15	35,5	39,6	5,00	82,9	0,688
	V	8,3	20,4	23,5	15,8	11,2	6,5

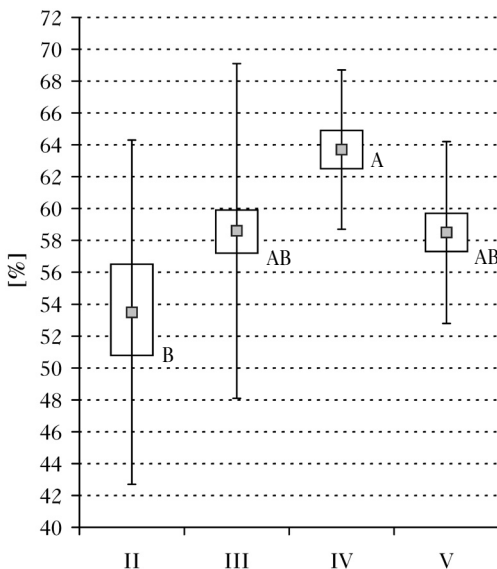


Przeciętny przyrost roczny dla wszystkich analizowanych drzew wyniósł 2,16 mm, osiągając na poszczególnych powierzchniach wartość od 1,77 do 2,59 mm (tab. 2). Zmienność cechy między powierzchniami badawczymi była niższa w porównaniu do zróżnicowania w ramach poszczególnych powierzchni. Nie stwierdzono istotnych różnic szerokości słoików rocznych zarówno między dębami różnych klas wieku ($p=0,333$), jak i wzrastających na siedliskach lasowych i bo-

rowych ($p=0,094$). Przeciętny udział drewna późnego dla ogółu badanych drzew wyniósł 59,4%, wartości średnie dla poszczególnych powierzchni badawczych mieściły się w przedziale od 50,5 do 66,0% (tab. 2). Współczynnik zmienności cechy między powierzchniami badawczymi wyniósł 11,2% i był zbliżony do wartości uzyskanych w ramach poszczególnych powierzchni (9,5-17,6%). Dęby IV klasy wieku miały istotnie wyższy (około 10%) udział drewna późnego w porównaniu z drzewami klasy II (ryc. 2). Ponadto stwierdzono, że dęby rosnące na siedliskach borowych miały w pniach istotnie większy udział drewna późnego w porównaniu do drzew wzrastających na siedliskach lasowych ($p<0,001$). Różnica średnich wyniosła 8,8%.

Średnia względna gęstość drewna dla całości badanego materiału wyniosła $0,578 \text{ g/cm}^3$ (tab. 2). Wartości średnie cechy na poszczególnych powierzchniach badawczych wahały się od $0,536$ do $0,627 \text{ g/cm}^3$. Zróżnicowanie gęstości, rozpatrywane zarówno w ramach powierzchni badawczych, jak i między nimi, było najmniejsze spośród analizowanych cech drewna. Nie odnotowano istotnych różnic gęstości drewna między dębami różnych klas wieku ($p=0,123$). Stwierdzono natomiast, że dęby rosnące na siedliskach lasowych miały istotnie wyższą gęstość drewna w porównaniu z osobnikami wzrastającymi na siedliskach borowych ($p<0,001$). Różnica średnich obu grup wyniosła $0,050 \text{ g/cm}^3$.

Zarówno na siedliskach borowych, jak i lasowych kształtowanie się szerokości przyrostu rocznego na promieniu przekroju poprzecznego pnia było podobne (ryc. 3). W obu przypadkach najszersze słoje notowano w środkowych partiach promienia, przypadających na sekcje III-VII, wyraźne spadki wartości cechy następowały natomiast w dwóch sekcjach przyobwodowych (I i II). W przypadku dębów rosnących na siedliskach borowych widoczny jest znaczący spadek szerokości słoików od sekcji IX do VIII, a także wyraźnie zaznaczające się maksimum cechy w sekcji V, wynoszące około 3 mm. U dębów z siedlisk lasowych szerokość przyrostu wzrastała od sekcji IX do VII, a następnie utrzymywała się na bardzo wyrównanym poziomie około 2,5 mm w kolejnych 4 sekcjach. Gęstość drewna w pniach dębów czerwonych wzrastających na siedliskach borowych wykazywała zróżnicowany przebieg, z maksimum w środkowej strefie promienia (sekcja V) wynoszącym $0,588 \text{ g/cm}^3$ oraz minimum $0,531 \text{ g/cm}^3$ w sekcji II (ryc. 3). U dębów z siedlisk lasowych, po początkowym wyraźnym wroście od sekcji IX (przyrdzeniowej) do sekcji VIII, w dal-

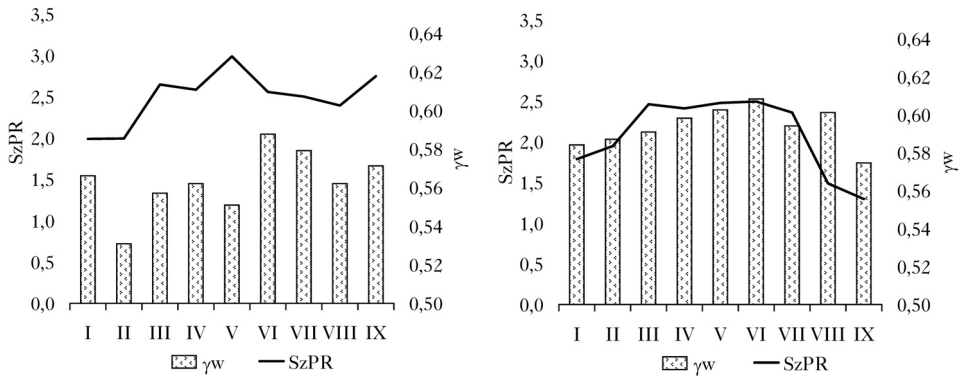


Ryc. 2.

Udział [%] drewna późnego w pniach dębów różnych klas wieku (II-V)

Latewood proportion [%] in the stems of red oaks in 20-years age classes (II-V)

grupy jednorodnie oznaczono literami
homogenous groups marked with letters



Ryc. 3.

Szerokość przyrostu rocznego (SzPR [mm]) i gęstość drewna na promieniu przekroju poprzecznego pnia (γ_w [g/cm³]) dębów czerwonych z siedlisk borowych (lewo) i lasowych (prawo)

Tree ring width (SzPR [mm]) and wood density along the radius of the stem cross-section (γ_w [g/cm³]) of red oaks from coniferous (left) and deciduous (right) habitat types

szych częściach promienia gęstość drewna wykazywała bardzo wyrównany przebieg, kształtując się w zakresie od około 0,580 do 0,600 g/cm³.

Dyskusja

Drewno dębu czerwonego uważane jest za średnio trwałe, o wąskiej strefie bielu, osiągającej szerokość od około 2 do 5 cm [Galewski, Korzeniowski 1958]. W prezentowanych badaniach szerokość strefy bielu na powierzchniach badawczych była nieco mniejsza od podawanej przez wspomnianych autorów, wynosiła bowiem średnio od około 1 do około 1,5 cm, co oznaczało jego udział w powierzchni przekroju poprzecznego od prawie 13% do nieco ponad 22% (średnio 17%). Stwierdzono, że dęby młodsze, tj. II i III klasy wieku, miały istotnie wyższy (o około 8%) udział bielu na powierzchni przekroju poprzecznego w porównaniu do drzew starszych. Wynika to z mniejszej pierśnicy drzew młodszych, przy jednoczesnym braku istotnych różnic szerokości bielu między dębami młodszymi i starszymi. Przy pozyskiwaniu drewna dębów czerwonych młodszych klas wieku należy się zatem liczyć z nieco niższym udziałem drewna twardego, a przez to z nieco gorszą trwałością surowca. Drewno bielaste obejmowało od 4 do 15 przyrostów, średnio zajmując około 7 sło.

Przeciętna szerokość przyrostu rocznego uzyskana w niniejszych badaniach wyniosła 2,16 mm, co pozwala zakwalifikować badane dęby czerwone do grupy drzew wąskosłojowych, tj. o przeciętnym przyroście rocznym poniżej 3 mm [Krzysik 1974]. Bijak i in. [2012], badając ponad 50-letnie dęby czerwone w centralnej Polsce, uzyskali wyraźnie wyższy przeciętny przyrost roczny, na poziomie 3,75 mm, co wskazuje na wysokie możliwości produkcyjne tego gatunku na terenie naszego kraju. Krzysik [1974] uważa jednak, że optymalna szerokość słoja, przy której drewno dębowe uzyskuje najwyższą gęstość, to 2-3 mm. W prezentowanych badaniach dęby czerwone wykazywały szerokość słoików z tego właśnie przedziału. Nie stwierdzono istotnych różnic szerokości słoików rocznych zarówno między drzewami starszymi i młodszymi, jak i między wzrastającymi na siedliskach borowych i lasowych. Szerokość przyrostów rocznych u dębów z siedlisk borowych miała jednak nieco bardziej zróżnicowany przebieg na promieniu przekroju poprzecznego pnia, z wyraźnym maksimum cechy w jego środkowej części. Dęby z siedlisk lasowych charakteryzowały się bardzo wyrównaną szerokością słoików rocznych w środkowej części promienia, obejmującej około 50 przyrostów (średnio około 2,5 mm).

Średni udział drewna późnego osiągnął prawie 60%, uzyskując na poszczególnych powierzchniach badawczych wartości średnie od 50,5 do 66%. Cecha wykazała podobną, umiarkowaną zmienność zarówno w ramach powierzchni badawczych, jak i między nimi. Stwierdzono istotnie większy udział drewna późnego u dębów IV klasy wieku w stosunku do drzew II klasy oraz rosnących na siedliskach borowych w stosunku do wzrastających na siedliskach lasowych. W obu przypadkach różnice średnich były jednak stosunkowo niewielkie (około 9-10%). Należy zaznaczyć, że w badanym drewnie dębów czerwonych niejednokrotnie jednoznaczne wyznaczenie granicy między drewnem wczesnym i późnym w ramach tego samego przyrostu było kłopotliwe, ze względu na nieregularne rozmieszczenie dużych naczyń drewna wczesnego.

Gęstość drewna uważana jest za wskaźnik jego jakości technicznej [Krzyśik 1974]. W prezentowanej pracy średnia gęstość względna (umowna) drewna dębów czerwonych wyniosła $0,578 \text{ g/cm}^3$, co jest wartością nieco wyższą od podawanej dla drewna drzew tego gatunku rosnących na kontynencie północnoamerykańskim ($0,560 \text{ g/cm}^3$) [Miles, Smith 2009]. Zakładając całkowity skurcz objętościowy podawany dla drewna dębu czerwonego w zakresie od 12,9% [Spława-Neyman, Owczarzak 2020] do 13,7% [Meier 2020], obliczona średnia gęstość bezwzględna badanego drewna mieściłaby się w zakresie od $0,664$ do $0,670 \text{ g/cm}^3$. Pozwala to zakwalifikować badane w niniejszej pracy drewno do grupy umiarkowanie ciężkiego [Krzyśik 1974]. Zbliżone, choć nieco wyższe wartości, zawierające się w przedziale $0,680$ - $0,720 \text{ g/cm}^3$ (dla stanu powietrzno-suchego – 12% wilgotności drewna), podają Nicolescu i in. [2018], jako najczęściej spotykane gęstości drewna dębów czerwonych rosnących na terenie Europy. W swojej ojczyźnie drzewo to osiąga w stanie powietrzno-suchym gęstość drewna około $0,700 \text{ g/cm}^3$ [Miles, Smith 2009]. Drewno rodzimych dębów wykazuje zbliżoną gęstość, która w zależności od gatunku wynosi średnio $0,650$ - $0,690 \text{ g/cm}^3$ [Krzyśik 1974]. Należy zatem oczekiwać, że jakość techniczna drewna dębów czerwonych rosnących w Polsce nie będzie ustępowała jakości drewna dębów rodzimych. W prezentowanych badaniach stwierdzono, że dęby rosnące na siedliskach lasowych miały istotnie wyższą gęstość drewna w porównaniu do drzew z siedlisk borowych. Wynika z tego, że z siedlisk żyzniejszych należy spodziewać się surowca o lepszej jakości technicznej drewna, które będzie się charakteryzowało lepszymi właściwościami mechanicznymi. Przemawia za tym również kształtowanie się gęstości drewna na promieniu przekroju poprzecznego pnia, które u dębów z siedlisk lasowych charakteryzowało się bardzo wyrównanym przebiegiem w znacznej części promienia, obejmującej około 50 słojów przyrostu rocznego. Taki profil gęstości na promieniu pozwala zakładać, że w pozyskanym w przyszłości surowcu drzewnym właściwości mechaniczne będą wyrównane. Będzie on zatem pod tym względem bardziej jednorodny, w przeciwieństwie do surowca pozyskanego z siedlisk borowych, którego profil gęstości drewna na promieniu przekroju poprzecznego pnia był bardziej zróżnicowany, z charakterystycznymi skokowymi wzrostami i spadkami. Taki przebieg gęstości sugeruje istnienie w pniu drzew stref o zróżnicowanych wytrzymałościach, co w trakcie przesychniania surowca może skutkować powstawaniem niekorzystnych pęknięć okrężnych na granicach takich stref [Kimbar 2012].

Jak wspomniano we wstępie, prezentowane wyniki badań stanowią pierwszą pracę podejmującą zagadnienia zmienności cech drewna dębu czerwonego na terenie Polski. W celu pełniejszej charakterystyki drewna tego coraz liczniejszego drzewa w polskich lasach należałoby poszerzyć teren badań o inne rejony naszego kraju, a zakres badań o właściwości mechaniczne drewna.

Wnioski

- ✦ Strefa bielu obejmowała średnio 7 przyrostów rocznych, a jej średnia szerokość wyniosła 12,5 mm, co odpowiada udziałowi tej strefy w powierzchni przekroju poprzecznego o wartości 17%. Szeroko-

kość tej strefy u badanych dębów czerwonych była nieco węższa w stosunku do wartości podawanych w literaturze.

- ✚ Średnia szerokość przyrostu rocznego wyniosła 2,16 mm, zatem badane dęby czerwone tworzyły drewno wąskosłoiste. Drzewa wzrastające na siedliskach borowych tworzyły na promieniu przekroju poprzecznego pnia słoje o bardziej zróżnicowanej szerokości w porównaniu do drzew z siedlisk lasowych, u których stwierdzono równomierną szerokość słoje w stosunkowo szerokiej środkowej strefie promienia. Szerokość przyrostów w tej strefie była zbliżona do 2,5 mm. Wartość taka uważana jest za optymalną dla drewna dębowego, przy której uzyskuje ono najwyższą gęstość.
- ✚ Udział drewna późnego w przyrostach badanych dębów czerwonych wyniósł średnio 60%. Istotnie większy udział drewna późnego stwierdzono u dębów IV klasy wieku w stosunku do drzew II klasy oraz rosnących na siedliskach borowych w stosunku do wzrastających na siedliskach lasowych.
- ✚ Średnia gęstość umowna drewna wyniosła 0,578 g/cm³ i była nieco wyższa od wartości podawanej dla dębów czerwonych rosnących w Ameryce Północnej. Obliczona gęstość bezwzględna drewna, w zależności od przyjętego skurczu objętościowego, wyniosła od 0,664 do 0,670 g/cm³, co pozwala uznać drewno badanych dębów czerwonych za umiarkowanie ciężkie. Podobne wartości gęstości podaje się dla drewna rodzimych dębów, zatem należy oczekiwać, że jakość techniczna drewna dębów czerwonych rosnących w Polsce nie będzie ustępować jakości drewna dębów rodzimych.
- ✚ Drewno dębów czerwonych pochodzących z siedlisk lasowych wykazywało istotnie wyższą gęstość oraz bardziej równomierny jej rozkład na promieniu przekroju poprzecznego pnia w porównaniu do drzew z siedlisk borowych. Należy zatem zakładać, że surowiec dębowy pozyskany z siedlisk lasowych będzie charakteryzował się lepszą jakością techniczną drewna w porównaniu do pozyskiwanego z siedlisk borowych.

Literatura

- Bijak S., Bronisz A., Bronisz K. 2012. Wpływ czynników klimatycznych na przyrost radialny dębu szypułkowego i czerwonego w LZD Rogów. *Studia i Materiały CEPL* 30: 121-128.
- Ericson B. 1959. Mercury immersion method for determining the density of wood increment core sections. *Forest Research Institute Sweden* 1: 1-31.
- Galewski W., Korzeniowski A. 1958. Atlas najważniejszych gatunków drewna. PWRiL, Warszawa.
- Gazda A., Miścicki S., Wąsik R., Goczał J., Kędra K. 2017. Poland – Country report. W: Hasenauer H., Gazda A., Konnert M., Lapin K., Mohren F., Spiecker H., van Loo M., Pötzelsberger E. [red.]. *Non native tree species for European forests: Experiences, risks and opportunities*. 3rd Edition. Vienna, Austria. 284-297.
- Kimbar R. 2012. *Wady drewna*. Wydanie pierwsze poprawione. Osie.
- Krzysik F. 1974. *Nauka o drewnie*. PWN, Warszawa.
- Meier E. 2020. The wood database. <https://www.wood-database.com/red-oak/>
- Miles P. D., Smith W. B. 2009. Specific gravity and other properties of wood and bark for 156 tree species found in North America. US Forest Service.
- Nicolescu V.-N., Vor T., Mason W. L., Bastien J.-Ch., Brus R., Henin J.-M., Kupka I., Lavnyy V., La Porta N., Mohren F., Petkova K., Rédei K., Štefančík I., Wąsik R., Perić S., Hernea C. 2018. Ecology and management of northern red oak (*Quercus rubra* L. syn. *Q. borealis* F. Michx.) in Europe: a review. *Forestry* 00: 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy032>.
- Olesen P. O. 1971. *The water displacement method*. Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen: 18.
- Orlikowska K. 2020. Rynek europejski najbardziej perspektywiczny dla drewna amerykańskiego. *Gazeta Przemysłu Drzewnego* 278 (3): 18-19.
- Pötzelsberger E., Lapin K., Brundu G., Adriaens T., Andonovski V., Andrašev S., Bastien J.-Ch., Brus R., Čurović M., Čurović Ž., Cvjetković B., Dodan M., Domingo-Santos J. M., Gazda A., Henin J.-M., Hernea C., Karlsson B., Keča L., Keren S., Keserű Z., Konstantara T., Kroon J., La Porta N., Lavnyy V., Lazdina D., Lukjanova A., Maaten T., Madsen P., Mandjukovski D., Marin Pageo F. J., Marozas V., Martinik A., Mason W. L., Mohren F., Monteverdi M. C., Neophytou Ch., Neville P., Nicolescu V.-N.,

- Nygaard P. H., Orazio Ch., Parpan T., Perić S., Petkova K., Borissov Popov E., Power M., Redei K., Rousi M., Silva J. S., Sivaciödlu A., Socratous M., Straigytė L., Urban J., Vandekerkhove K., Wąsik R., Westergren M., Wohlgemuth T., Ylioja T., Hasenauer H. 2020. Mapping the patchy legislative landscape of non-native tree species in Europe. *Forestry: An International Journal of Forest Research*: cpaa009. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpaa009>.
- Splawa-Neyman S., Owczarzak Z. 2020. Dąb czerwony (*Quercus rubra* L.). <https://www.itd.poznan.pl/pl/vademecum/dab-czerwony>
- Szymański S. 1982. Wzrost niektórych gatunków drzew leśnych w pierwszych 10 latach życia na siedlisku boru mieszanego świeżego. *Sylwan* 126 (7): 11-29.