

Marek Szymański¹, Witold Pazdrowski¹, Katarzyna Kaźmierczak², Marcin Nawrot¹, Marta Werner¹, Krzysztof Mańka¹

Proces oczyszczania się pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) a pierśnica drzew w drzewostanach gospodarczych

Self-pruning of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) stems and the diameter at breast height of trees in commercially managed stands

Abstract. The focus of this study was on the knottiness and self-pruning of trees at 10 study sites from which 30 trees were selected for observation. These areas represent two main forest site types (fresh mixed deciduous forest – LMśw and fresh deciduous forest – Lśw) characteristic of the silvicultural regime of oaks in Poland's lowland area. Sample trees were selected according to the principles of the Ulrich method (with the same number of trees in the diameter class) and Kraft's biosocial classification. Trees from the dominant stand (class I, II and III according to Kraft's classification) were subjected to analysis.

Normal distribution of length parameters was found for the majority of analysed zones of sample trees. On this basis correlation values were calculated describing the relationships between the diameter at breast height (dbh) and self-pruned zones on the stem: with knobs visible on external surface of tree stem, with snags remained after the dead branches, with the still unbroken dead and dying branches, live crown (active with regard to transpiration and photosynthesis).

The length of the self-pruned tree stems from the fresh deciduous forest was greater in comparison with the trees from the fresh mixed deciduous forest. In turn, the length of the knob and snag zones was greater in trees from the fresh mixed deciduous forest. The variation in these parameters was rather insignificant.

No statistically significant differences were detected in mean lengths of the examined zones between the two forest site types. Trees in the oldest age classes (VI and VII) showed a higher mean length of individual stem zones compared with those in younger age classes.

Key words: knottiness, tree crown, wood quality, juvenile wood

1. Wstęp

Drzewa pozostają wciąż głównym komponentem biosfery, a drewno odgrywa ogromną rolę jako surowiec odnawialny i naturalny, będący elementem zrównoważonej gospodarki (Plomion et al. 2001).

W warunkach polskich drewno okrągłe, głównie wielkowiedmiarowe, najczęściej przeznaczane jest do produkcji tarcicy lub oklein. Ta grupa drewna ma największy udział w produkcji surowca drzewnego. W przypadku drewna dębowego nie bez znaczenia jest jego zastosowanie jako surowca na okleinę. W rozwiązaniach konstrukcyjnych

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Użytkowania Lasu, ul. Wojska Polskiego 71 'A', 60-625 Poznań, Fax: + 48 61 848 77 55, e-mail: marek.szymanski@up.poznan.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Urządzania Lasu, Zakład Dendrometrii i Produkcyjności Lasu, ul. Wojska Polskiego 71 'C', 60-625 Poznań

szczególną rolę odgrywają niektóre parametry surowca drzewnego: wymiary, właściwości mechaniczne, kurczenie się i pęcznienie (Macdonald et Hubert 2002). Wymiary surowca są jednym z głównych kryteriów oceny przyjętym w Polskich Normach i stosowanym przez odbiorców. Wymiary i sękatość są podstawowymi cechami surowca drzewnego decydującymi o możliwości jego zastosowania do określonych celów. Sękatość, określana ilością i rozmiarami sęków, jest jednym z podstawowych parametrów oceny jakości drewna¹. Ważna jest również trwałość drewna, determinująca jego wytrzymałość na niekorzystne działanie czynników atmosferycznych (Harding 1988, za Macdonald et Hubert 2002).

Sęki i drewno młodociane wpływają zarówno na jakość surowca, jak i właściwości technologiczne drewna w przerobieniu. Stąd w obszarze prezentowanych badań znalazł się m.in. problem wpływu zagęszczenia upraw na jakość produkowanego drewna. Uznano, że drzewa posadzone w rzadszej więźbie posiadają tendencję do wytwarzania większych sęków, powiększania szerokości słoików strefy drewna młodocianego i obniżenia gęstości drewna (Brazier 1970, 1977, Ward et Gardiner 1976, Gardiner et O'Sullivan 1978, Humphreys 1991, Brazier et Mobbs 1993, za Macdonald et Hubert 2002). Pollack i inni (1990, za Macdonald et Hubert 2002) wykazali, że rozluźnienie więźby powoduje wzrost średnicy korony, powierzchni rzutu korony i skutkuje obniżeniem zwarcia. Humphreys (1991, za Macdonald et Hubert 2002) stwierdził, że luźniejsza więźba jest powiązana z mniejszym udziałem surowca wyższej jakości, wzrostem szerokości słoików drewna młodocianego, wzrostem rozmiarów gałęzi, a także zmniejszoną gęstością drewna.

Istotnym zagadnieniem jest tempo zarastania sęków. Szczupakowska (1975), prowadząc prace nad dynamiką zarastania sęków u podkrzesanych dębów bezszypułkowych (*Quercus petraea* Liebl.) w Nadleśnictwie Doświadczalnym Laski, zaobserwowała, że sęki położone po południowej stronie pnia zarastają przeciętnie o 12% szybciej od położonych po stronie północnej. Największy średni stopień zarastania sęków w ujęciu procentowym wykazują drzewa o średniej pierśnicy (63%). Średnica drzewa w miejscu występowania sęka, wynosząca od 4,01 do 6,00 cm, wpływa na zwiększenie szybkości zarastania sęków, natomiast wysokość drzewa i długość korony żywej nie mają na to wyraźnego wpływu.

Polska norma PN-EN 1316-1, dostosowana do normy europejskiej EN 1316-1:1997, przeznaczona do doświadczalnego stosowania stanowi, że w najwyższej klasie jakości drewna dębowego Q-A może występować maksymalnie 15 mm sęków zdrowych niezarośniętych (jako suma średnic) na 2,5 m bieżącego pnia, przy braku innych sęków. Sęki zepsute niezarośnięte są niedopuszczalne, a wilki i sęki zarośnięte oraz czeczota mogą występować w ilości 1 wilk na 2,5 metra pnia przy braku pozostałych wad z tej grupy.

Zależność pomiędzy wielkością korony i wysokością drzew była stosunkowo często poddawana ocenie (Lemke 1966, 1968, 1971), rzadziej natomiast obserwowano wpływ tych elementów oraz klasy wieku na jakość produkowanego surowca drzewnego.

Badaniami zależności między jakością drewna rębnych sosen wyrosłych w warunkach boru mieszanego świeżego (z udziałem drewna bez wad) a niektórymi cechami koron drzew zajmował się m.in. Pazdrowski (1994). Stwierdził on, że analizowane cechy ilościowe koron (długość korony, szerokość korony, pole rzutu korony, względna długość korony – względem wysokości drzewa lub drzewostanu) mogą być przydatne do szacowania udziału drewna bez wad w kłodach odziomkowych drzew (za wyjątkiem względnej długości korony – ustalonej względem wysokości drzewostanu).

Zamieranie gałęzi następuje po przekroczeniu punktu kompensacyjnego asymilacji i dysymilacji. Czynnikiem światła spełnia tu dużą rolę (Pazdrowski 1996). Według Hejnowicza (2002) starzenie się i obumieranie gałęzi bocznych odbywa się w kilku etapach. Temesgen et al. (2005) (za Kramer et Kozłowski 1979) uważają, że żywe gałęzie pozostają na drzewach wówczas, gdy przyczyniają się do produkcji netto fotosyntezy oraz że występowanie ulistnionych gałęzi w niższych partiach pnia drzew rosnących w zwarciu zależy od ilości światła przepuszczonego przez sklepienie koron i cieniożnośności gatunku: u drzew rosnących na otwartej przestrzeni zachowane są żywe gałęzie do poziomu gruntu.

W prowadzeniu drzewostanów sztucznie odnawianych należy zwracać uwagę na właściwą więźbę początkową, warunkującą zwieranie się upraw, oraz na prawidłową regulację zwarcia w kolejnych fazach rozwojowych drzewostanów. Szybkie dojście do zwarcia przyspiesza zamieranie gałęzi począwszy od dołu i stopniowo przesuwają się ono ku górze (Pazdrowski 1996). Zabiegi hodowlane wpływają na jakość drewna w sposób pośredni, kształtując warunki wzrostu i rozwoju

¹ PN-79/D-01011 Polska Norma: Wady Drewna. Polski Komitet Normalizacyjny; PN-EN 1316-1. 1999. Drewno okrągłe liściaste. Klasyfikacja jakościowa. Dąb i buk. Polski Komitet Normalizacyjny, norma do doświadczalnego stosowania.

koron oraz korzeni drzew (Briggs et Smith 1986, Zobel et van Buijtenen 1989, za Macdonald et Hubert 2002). Brazier (1977, za Macdonald et Hubert 2002) podzielił zabiegi hodowlane na dwa rodzaje, według ich wpływu na pojedyncze drzewa i ich grupy. Do pierwszego rodzaju należą czynności, ich efekty oraz przejawy, które wpływają wprost na wzrost pojedynczych drzew, tj.: zastosowana więźba początkowa, czyszczenia i trzebieże oraz podkrzesywanie. Do drugiego rodzaju należą te, które oddziałują na siedlisko i poprzez siedlisko na produkowany surowiec drzewny.

Sęki, jako pozostałości drewna gałęzi, wrosnięte w tkankę drzewną strzał, powodują obniżenie jakości surowca drzewnego. Wielu autorów zastanawiało się nad najtrafniejszym sformułowaniem definicji jakości drewna. Doszli oni do rozmaitych wniosków. Tak na przykład Macdonald i Hubert (2002) powołują się na prace Kliger (Kliger et al. 1994), który stwierdził, że jakość drewna nie jest łatwo zdefiniować, bowiem to co zwykle się uznawać, że determinuje jakość drewna zmienia się w zależności od jego przeznaczenia. Mitchell (1961, za Macdonald et Hubert 2002), stwierdził, że jakość jest rezultatem fizycznych i chemicznych cech posiadanych przez drzewo lub jego część, która umożliwi zaspokojenie różnych potrzeb odbiorców końcowych.

Ishii i inni (2003, za Fernández et Norero 2006) wykazali, że zwykle stosowane modele alometryczne są niewystarczające dla wyjaśnienia zmienności długości i grubości gałęzi. Niektóre modele wykorzystują dla określania grubości gałęzi kilka zmiennych (Grace et al. 1999, Pont 2001, Woollons et al. 2002). Todoroki i in. (2001, za Fernández et Norero 2006) rozważali przydatność średnicy najgrubszej gałęzi na pniu jako pa-

rametru do oceny jakości drewna. W przeglądzie prac dotyczących parametrów koron drzew i modelowania gałęzistości Fernández i Norero (2006) wymieniają m.in. takie gatunki objęte oceną, jak daglezwia *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) (Magiure et al. 1991, 1994, 1999), czy sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. (Mäkinen et Colins 1998, Catchlepoole et al. 2004), brak natomiast prac dotyczących dębów, a zwłaszcza dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.).

Praca ma na celu stwierdzenie, czy występuje zależność pomiędzy pierśnicą a procesem oczyszczania się pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) z gałęzi oraz określenie charakteru ewentualnych zależności. Przeprowadzone badania zmierzają do wypełnienia luki poznawczej dotyczącej zagadnienia oczyszczania się pni dębu szypułkowego jako procesu kształtującego jakość produkowanego drewna.

2. Materiał i metodyka pracy

Poddany ocenie materiał badawczy pochodzi z Nadleśnictwa Łopuchówko, które należy administracyjnie do Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Poznaniu.

Na podstawie analizy danych z operatu urzędzenia lasu wybrano wydzielenia, które spełniały założone kryteria badawcze. Pod uwagę wzięto dwa siedliskowe typy lasu: las mieszany świeży i las świeży, które uznawane są za typowe do hodowli dębu. W warunkach Wielkopolsko – Pomorskiej Krainy Przyrodniczo – Leśnej (III) siedliska te odpowiadają najczęściej następującym zespołom roślinnym (według Matuszkiewicz, 2007):

Tabela 1. Charakterystyka powierzchni próbnych

Table 1. Characteristics of sample plots

Nr powierzchni Plot no	Udział <i>Quercus robur</i> L. Share of <i>Quercus robur</i> L.	Klasa wieku Age class	Pierśnica Dbh [cm]	Wysokość Height [m]	Bonitacja dla dębu Bonitet class for oak	Typ siedliskowy lasu Forest site type	Zwarcie Closure	Zadrzewienie Stocking
1	9	III	20	22	I	Lśw	U	0,8
2	8	IV	27	24	II	Lśw	U	0,8
3	10	V	25	26	I.5	Lśw	U	0,9
4	10	VI	39	30	I.5	Lśw	P	0,7
5	10	VII	47	29	II	Lśw	U	0,8
6	10	III	23	21	I.5	LMśw	U	0,9
7	10	IV	20	20	II	LMśw	U	0,8
8	10	V	25	20	III	LMśw	L	0,5
9	10	VI	37	28	II	LMśw	U	1
10	8	VII	38	23	III.5	LMśw	P	0,7

Oznaczenia: Lśw – las świeży, LMśw – las mieszany świeży, zwarcie: U – umiarkowane, P – przerywane, L – luźne
Description: Lśw – fresh deciduous forest, LMśw – fresh mixed deciduous forest, U – moderate, P – broken, L – loose

1) *Galio silvatici*–*Carpinetum*, *Luzulo pilosae* – *Fagetum*, *Potentilio albae*–*Quercetum*, czasami *Calamagrostio arundinaceae* – w lesie mieszanym świeżym;

2) *Galio silvatici*–*Carpinetum*, *Galio odorati*–*Fagetum*, czasami również *Calamagrostio arundinaceae* – w lesie świeżym.

W wybranych wydzieleniach założono powierzchnie próbne o areale jeden hektar (tab. 1), przeprowadzono pomiar pierśnic wszystkich drzew oraz wysokości proporcjonalnie do udziału w stopniach grubości, według metodycznych założeń dendrometrycznych (Grochowski 1973). Na podstawie uzyskanej charakterystyki grubościowo – wysokościowej wybrano w każdym drzewostanie po 3 drzewa próbne, według metody Uricha I (z równą liczbą drzew w stopniu grubości).

Na poszczególnych powierzchniach oznaczono drzewa, dobierając je na podstawie wymiarów pierśnicy i wysokości (stosownie do założeń metody Uricha I). Przy wyborze drzew próbnych sugerowano się także ich klasą biosocjalną (Kraft 1884). W efekcie drzewa należące do I klasy grubości (najcieńsze) reprezentowały jednocześnie III klasę biosocjalną Krafta (współpanujące). Drzewa z II klasy grubości należały do II klasy Krafta (panujących), a drzewa z III klasy grubości (reprezentujące najgrubsze w drzewostanie) – do I klasy Krafta (górujących). Następnie dokonano ich ścinki i pomierzono niezbędne parametry pnia i korony każdego drzewa próbnego. Dane te posłużyły do określenia niezbędnych charakterystyk jakościowo – ilościowych koron i pni drzew próbnych. Stwierdzono, że pobocznica pnia charakteryzuje się zmiennym stopniem oczyszczenia i na tej podstawie wyróżniono 5 stref:

1 – wolną od sęków otwartych i zarośniętych,

2 – sęków zarośniętych (głównie guzów),

3 – krótkich tyłców po obumarłych gałęziach w zaawansowanym stadium zarostania,

4 – martwych gałęzi,

5 – żywej, czynnej fizjologicznie korony.

Na drzewach leżących pomierzono długości poszczególnych stref pnia wyróżnionych ze względu na stopień oczyszczenia. Uzyskane wyniki posłużyły do obliczenia proporcjonalnego udziału każdej ze stref oraz do obliczenia zależności pomiędzy długością stref pnia o zróżnicowanym stopniu oczyszczenia. Do obliczeń wykorzystano arkusz kalkulacyjny Excel z pakietu MS Office® oraz Statistica 6.0 (Statsoft®).

Przeprowadzono ocenę zgodności rozkładu empirycznego badanych cech z rozkładem normalnym za pomocą testu W Shapiro-Wilka. Test ten należy do najmocniejszych dla szerokiej klasy rozkładów alternatywnych. Może być stosowany dla prób o liczebności równej lub mniejszej od 50 oraz wykorzystuje pełną informację uzyskaną z próbki (Krzysicki et al. 2002). Wartości prawdopodobieństwa $p < 0,05$ stanowiły pod-

stawę do odrzucenia hipotezy o zgodności rozkładu empirycznego z rozkładem normalnym.

3. Wyniki

Zdecydowana większość uzyskanych wyników wskazuje na normalność rozkładu. Po zbadaniu zbieżności rozkładu empirycznego z rozkładem normalnym przystąpiono do obliczenia podstawowych statystyk charakteryzujących badane cechy (tab. 2). Następnie przeprowadzono analizę wariancji średnich parametrów pni.

Analizie poddano długość poszczególnych stref i pierśnicę dla wszystkich drzew łącznie oraz dla poszczególnych siedliskowych typów lasu osobno. Średnia pierśnica z korą dla wszystkich drzew osiągnęła wartość 30,28 cm. Spośród wszystkich obserwowanych cech dla pierśnicy odnotowano największą wartość odchylenia standardowego (10,86 cm). W przypadku lasu świeżego stwierdzono większą średnią pierśnicę niż w przypadku lasu mieszanego świeżego.

W przypadku pozostałych cech opisujących długości rozpatrywanych stref podkreślić należy niewielką rozpiętość i małą wartość liczbową błędu standardowego średniej. Długość strefy gałęzi martwych oraz długość strefy gałęzi żywych (żywej, czynnej fizjologicznie korony) wykazały podobne wielkości odchylenia standardowego i błędu standardowego średniej.

Długość strefy oczyszczonej obliczona dla drzew wyrosłych w warunkach lasu świeżego wynosiła 4,34 m, a dla drzew wyrosłych w warunkach lasu mieszanego świeżego – 2,72 m. Parametr ten charakteryzował się odpowiednio odchyleniem standardowym 2,58 m i 1,46 m oraz błędem standardowym średniej o wartości 0,67 m i 0,38 m. Długość strefy oczyszczonej charakteryzuje się zmiennością wynoszącą 59,45% dla lasu świeżego i 53,68% dla lasu mieszanego świeżego.

Średnia długość strefy guzów dla drzew wyrosłych w warunkach lasu świeżego i lasu mieszanego świeżego wynosiła odpowiednio 2,55 m i 3,06 m. Odchylenie standardowe długości strefy guzów było stosunkowo niewielkie w obu siedliskowych typach lasu, aczkolwiek mniejsze w lesie świeżym. Błąd standardowy średniej długości strefy guzów kształtował się na poziomie poniżej jedności.

Średnia długość strefy tyłców dla drzew wyrosłych w warunkach lasu świeżego była niższa niż tych wyrosłych w lesie mieszanym świeżym. Także odchylenie standardowe i współczynnik zmienności były mniejsze w przypadku drzew z lasu świeżego niż lasu mieszanego świeżego. Błąd standardowy średniej kształtował się na poziomie poniżej jedności (podobnie jak dla wszystkich parametrów długości stref) i wynosił 0,37 m dla lasu świeżego oraz 0,58 m dla lasu mieszanego świeżego.

Tabela 2. Charakterystyka statystyczna wybranych cech biometrycznych drzew

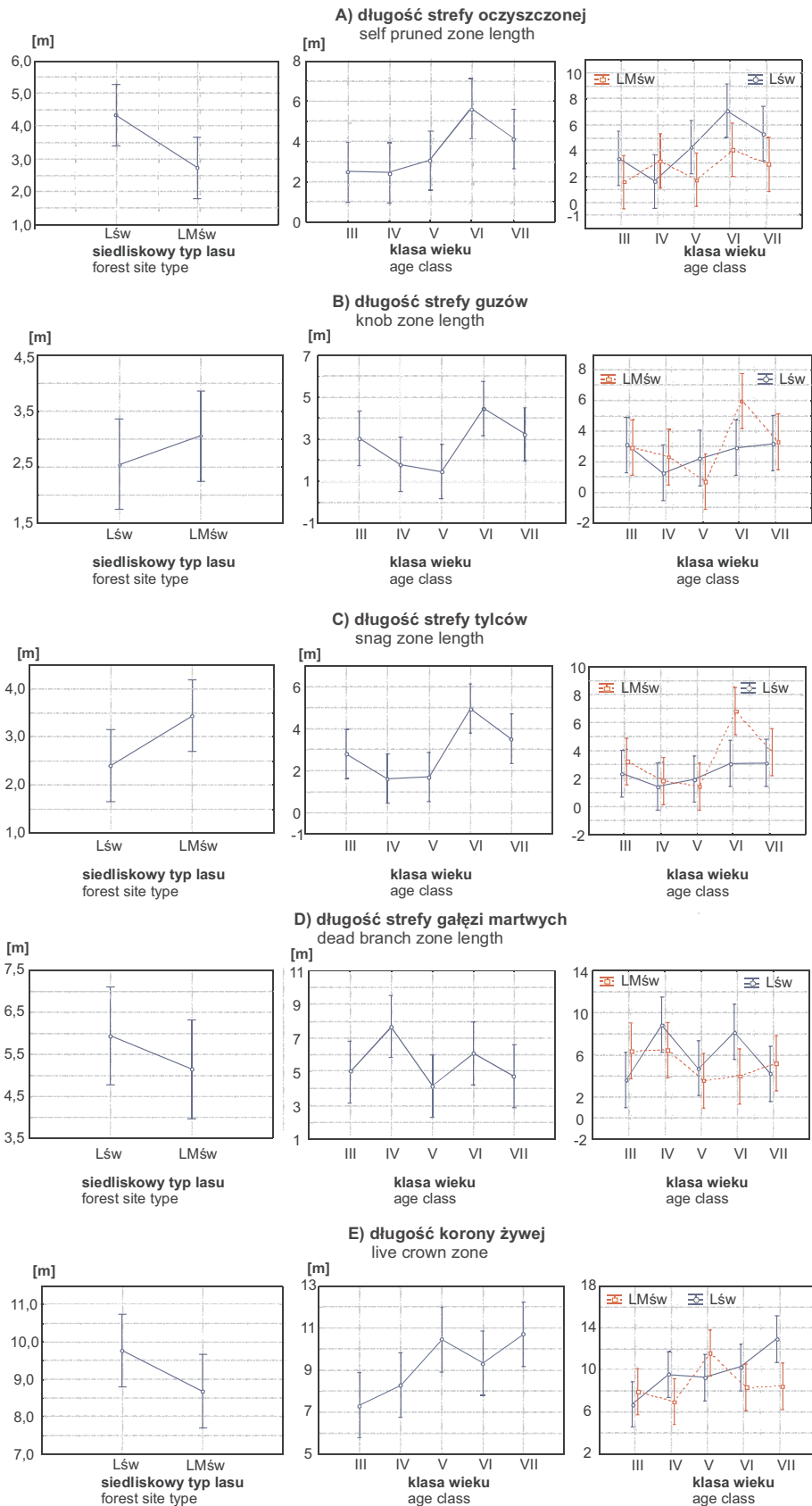
Table 2. Statistical characteristic of selected biometrical parameters of trees

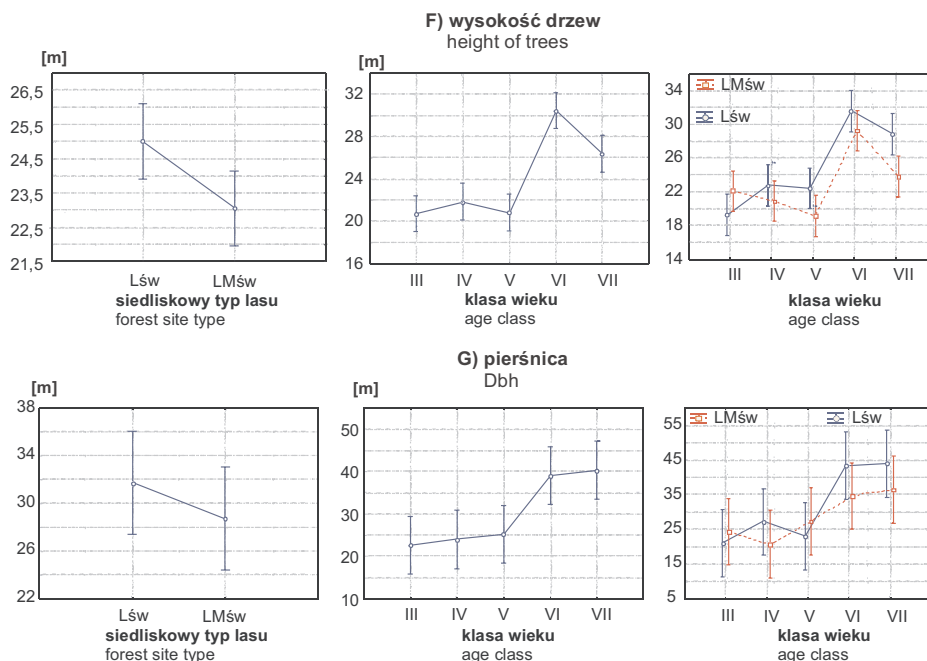
Cecha Parameter		Średnia Mean	Odchylenie standardowe Standard deviation	Minimum	Maksimum	Współczynnik zmienności Coefficient of variation [%]	N [sztuk] [pieces]	Błąd standardowy średniej Mean standard error
Wszystkie drzewa łącznie All trees together								
Pierśnica z korą Dbh over bark	cm	30,28	10,86	14,55	56,85	35,86	30	1,98
Długość strefy oczyszczonej Self pruned zone length	m	3,53	2,22	1,10	8,80	62,89	30	0,40
Długość strefy guzów Knob zone length		2,81	1,85	0,30	7,10	65,84	30	0,34
Długość strefy tylców Snag zone length		2,93	1,93	0,30	8,20	65,87	30	0,35
Długość strefy gałęzi martwych Dead branch zone length		5,54	2,56	1,70	9,70	46,21	30	0,47
Długość żywej korony Live crown zone		9,23	2,43	5,60	17,00	26,33	30	0,44
Wysokość Height		24,03	4,54	18,3	32,4	18,89	30	0,83
Las świeży Fresh deciduous forest								
Pierśnica z korą Dbh over bark	cm	31,79	12,81	16,55	56,85	40,30	15	3,31
Długość strefy oczyszczonej Self pruned zone length	m	4,34	2,58	1,10	8,80	59,45	15	0,67
Długość strefy guzów Knob zone length		2,55	1,18	0,70	4,60	46,27	15	0,30
Długość strefy tylców Snag zone length		2,40	1,43	0,80	5,30	59,58	15	0,37
Długość strefy gałęzi martwych Dead branch zone length		5,93	2,82	2,00	9,70	47,55	15	0,73
Długość żywej korony Live crown zone		9,78	2,70	5,60	17,00	27,61	15	0,70
Wysokość Height		25,01	5,06	19,1	32,4	20,23	15	1,30
Las mieszany świeży Fresh mixed deciduous forest								
Pierśnica z korą Dbh over bark	cm	28,77	8,68	14,55	46,65	30,17	15	2,24
Długość strefy oczyszczonej Self pruned zone length	m	2,72	1,46	1,30	6,00	53,68	15	0,38
Długość strefy guzów Knob zone length		3,06	2,36	0,30	7,10	77,12	15	0,61
Długość strefy tylców Snag zone length		3,45	2,26	0,30	8,20	65,51	15	0,58
Długość strefy gałęzi martwych Dead branch zone length		5,14	2,31	1,70	9,40	44,94	15	0,60
Długość żywej korony Live crown zone		8,69	2,07	6,00	13,60	23,82	15	0,53
Wysokość Height		23,06	3,89	18,3	30,5	16,87	15	1,00

Tabela 3. Wyniki analizy wariancji
Table 3. Results of the analysis of variants

Cecha Parameter	Źródło zmienności Source of variation	Suma kwadratów odchylen Sum of deviation squares	Stopnie swobody Degree of freedom	Średni kwadrat odchylen Mean deviation square	F	p-wartość p-value
Część oczyszczona pnia Self-pruned part of a stem	dlugość length	373,83	1	373,83	124,3465	0,000
	efekty główne main effects	42,85	4	10,71	3,5634	0,024
	siedlisko / site	19,68	1	19,68	6,5472	0,019
	interakcje interactions	20,54	4	5,14	1,7082	0,188
	błąd / error		60,13	20	3,01	
Część pnia z guzami Part of a stem with knobs	względna dlugość relative length	0,60	1	0,60	146,9349	0,000
	efekty główne main effects	0,02	4	0,00	1,1100	0,379
	siedlisko / site	0,02	1	0,02	5,2698	0,033
	interakcje interactions	0,03	4	0,01	2,0943	0,120
	błąd / error		0,08	20	0,00	
Część pnia z guzami Part of a stem with knobs	względna dlugość relative length	236,32	1	236,32	105,4065	0,000
	efekty główne main effects	34,92	4	8,73	3,8941	0,017
	siedlisko / site	1,93	1	1,93	0,8588	0,365
	interakcje interactions	17,47	4	4,37	1,9482	0,142
	błąd / error		44,84	20	2,24	
względna dlugość relative length	wyraz wolny / intercept	0,39	1	0,39	92,11344	0,000
	efekty główne main effects	0,03	4	0,01	2,01201	0,131
	siedlisko / site	0,00	1	0,00	0,51866	0,480
	interakcje interactions	0,03	4	0,01	1,63472	0,205
	błąd / error		0,09	20	0,00	

Część pnia z tyłcami Part of a stem with snag zone	dlugość length [m]	wyraz wolny / intercept	1	256,96	132,5454	0,000
	efekty główne main effects	klasa wieku / age class	4	11,49	5,9287	0,003
	interakcje interactions	siedlisko / site	1	8,32	4,2923	0,051
		klasa wieku × siedlisko / age class × site	4	3,80	1,9612	0,140
	błąd / error		20	1,94		
względna długość relative length		wyraz wolny / intercept	1	0,42	127,1095	0,000
Część pnia z martwymi gałęziami Part of a stem with dead branch zone	dlugość length [m]	wyraz wolny / intercept	1	919,64	193,9079	0,000
	efekty główne main effects	klasa wieku / age class	4	0,04	2,7889	0,054
	interakcje interactions	Siedlisko / site	1	0,02	4,5610	0,045
		klasa wieku × siedlisko / age class × site	4	0,02	1,4964	0,241
	błąd / error		20	0,07	0,00	
Część pnia z martwymi gałęziami Part of a stem with dead branch zone	dlugość length [m]	wyraz wolny / intercept	1	919,64	193,9079	0,000
	efekty główne main effects	klasa wieku / age class	4	46,53	2,4528	0,079
	interakcje interactions	siedlisko / site	1	4,72	0,9953	0,330
		klasa wieku × siedlisko / age class × site	4	44,56	2,3491	0,089
	błąd / error		20	94,85	4,74	
względna długość relative length		wyraz wolny / intercept	1	1,64	176,7345	0,000
	efekty główne main effects	klasa wieku / age class	4	0,12	3,3632	0,029
	interakcje interactions	siedlisko / site	1	0,00	0,0596	0,810
		klasa wieku × siedlisko / age class × site	4	0,05	1,3665	0,281
	błąd / error		20	0,19	0,01	





Rycina 1. Wykresy profilowe efektów głównych i interakcji
Figure 1. Graphs presenting the main effects and interaction profile's

Średnia długość strefy gałęzi martwych kształtowała się podobnie w przypadku drzew z obu siedlisk. Nieco większe wartości zaobserwowano w przypadku lasu świeżego niż lasu mieszanego świeżego. Większą zmiennością cechowały się drzewa z lasu świeżego niż lasu mieszanego świeżego. Współczynnik zmienności długości żywej korony był najniższy spośród wszystkich stref pnia podanych ocenie.

Przeprowadzono analizę wariancji w klasyfikacji dwuczynnikowej. Istotę tej analizy można sprowadzić do porównania wielkości opisanych źródeł zmienności. Zbadano wpływ klasy wieku i siedliskowego typu lasu na parametry wyróżnionych stref pnia. Analizę przeprowadzono dla bezwzględnych długości wyróżnionych stref, dla względnych długości oraz dla pierśnicy i wysokości. Zilustrowano także wpływ analizowanych czynników na otrzymane wyniki. Na rycinie 1 przedstawiono wartości średnie i określone dla nich 95% przedziały ufności. Na ich podstawie można stwierdzić istotny statystycznie wpływ efektu głównego (klasy wieku) na długość strefy oczyszczonej pnia, strefy z guzami, z tyłcami i korony żywej. Jedynie w przypadku jednej cechy bezwzględnej – długości strefy martwych gałęzi – nie stwierdzono istotnego wpływu klasy wieku drzew próbnych. Ponadto, poza klasą wieku, na długość strefy oczyszczonej wpływa także siedliskowy typ lasu, z którego wybrano drzewa próbne. Jednak w przypadku tego parametru nie stwierdzono łącznego wpływu siedliskowego typu lasu i klasy wieku drzew (tab. 3, ryc. 1). Długość strefy gałęzi martwych oraz względna

długość strefy guzów nie wykazały zależności zarówno od warunków siedliskowych wzrostu drzew, jak i ich wieku. Względna długość strefy oczyszczonej i strefy tyłców zależy w istotnym statystycznie stopniu od warunków siedliskowych. Na długość strefy żywej korony oraz jej względną długość w istotnym stopniu wpływa klasa wieku drzewostanu, z którego pochodziły drzewa próbne. Zaobserwowano ponadto łączny wpływ zarówno wieku, jak i siedliskowych warunków wzrostu na te parametry pnia. Wynika on jednak z istotnego wpływu wieku na te cechy.

Zbadano wpływ klasy wieku i siedliskowego typu lasu na dwie podstawowe cechy drzewa – pierśnicę i wysokość. Średnia pierśnica dębów rośnie z wiekiem drzew. Istotny wzrost grubości pnia na wysokości 1,3 m charakteryzuje drzewa VI i VII klasy wieku. Nie odnotowano natomiast wpływu warunków siedliskowych na wielkość tej cechy pomiarowej. Wysokość dębów zależy zarówno od warunków siedliskowych, jak i ich wieku (klasy wieku). Większą średnią wysokość mają drzewa wyrosłe w warunkach lasu świeżego niż rosące w warunkach lasu mieszanego świeżego. Drzewa reprezentujące klasy wieku VI i VII są istotnie wyższe od młodszych. Zależność ta ma miejsce w obu siedliskowych typach lasu, ponadto zaobserwowano łączny wpływ warunków siedliskowych i wieku na wysokość dębów (tab. 3 i ryc. 1).

Obliczono wartości współczynników korelacji r Pearsona charakteryzujących analizowane związki pierśnicy z parametrami pnia dębu szypułkowego (tab. 4).

Tabela 4. Współczynniki korelacji analizowanych zależności

Table 4. Correlation coefficients of analysed relationships

Parametr Parameter	Długość wyróżnionych stref [m] Length of distinguished zones [m]			
	wartości bezwzględne absolute values		wartości względne relative values	
	Lśw	LMśw	Lśw	LMśw
Długość strefy bezsęcnej / oczyszczonej Snag-less/ self-pruned zone length	0,528*	0,437	0,240	0,262
	0,512*		0,279	
Długość strefy z guzami knob zone length	0,016	0,469	- 0,329	0,372
		0,217	- 0,002	
Długość strefy z obłamanymi gałęziami / tylcami Broken branch/snag zone length	0,519*	0,493	0,129	0,409
	0,402*		0,187	
Długość strefy z martwymi gałęziami Dead branch zone length	0,186	- 0,161	- 0,133	- 0,376
		0,083	- 0,220	
Długość żywej korony Live crown length	0,698*	0,103	0,106	- 0,242
	0,508*		- 0,080	

* istotne na poziomie $\alpha=0,05$ *statistically significant at level $\alpha=0,05$

Stwierdzono istotną statystycznie zależność pomiędzy grubością drzew mierzoną na wysokości 1,3 m a długością strefy oczyszczonej – dla drzew z lasu świeżego i dla wszystkich drzew rozpatrywanych razem. Wartości te wynosiły odpowiednio 0,528 i 0,512. W przypadku lasu mieszanego świeżego współczynnik korelacji przyjął wartość niewiele mniejszą (0,437), lecz był nieistotny na poziomie $\alpha = 0,05$. Istotną korelację stwierdzono również dla związku pomiędzy pierśnicą i długością strefy z obłamanymi gałęziami (tylcami) u wszystkich drzew i drzew z lasu świeżego. Współczynniki korelacji wynosiły odpowiednio: 0,519 i 0,402. Zaobserwowano również istotną moc korelacji pomiędzy pierśnicą i długością żywej korony w przypadku drzew z lasu świeżego oraz u wszystkich drzew próbnych badanych razem. Wartości wynosiły odpowiednio 0,698 i 0,508. Pozostałe współczynniki korelacji były nieistotne statystycznie.

W przypadku wartości względnej długości stref (umożliwiających wnioskowanie o zmianach cech jakościowych) determinowanych grubością stwierdzono brak istotności współczynników korelacji na założonym poziomie $\alpha = 0,05$.

4. Dyskusja

Sęki należą do najważniejszych wad drewna. Poza samoistnym obniżaniem jakości surowca drzewnego potęgują także negatywny wpływ innych parametrów drewna. Przykładem jest tutaj wpływ sęków na jakość drewna zróżnicowany w zależności od gęstości. Według Dickson'a i Walker'a (1997, za Macdonald et Hubert 2002) gęstość drewna dostarcza informacji o jakości

drewna. Gęstość drewna wpływa na przeznaczenie surowca do przetarcia, do wykorzystania na panele, płyty, boazerie oraz wpływa na wydajność i właściwości pulpy drzewnej przerabianej na papier. Występuje zależność pomiędzy gęstością i wytrzymałością mechaniczną drewna. Zasadniczo drewno o większej gęstości charakteryzuje się większą wytrzymałością mechaniczną, chociaż są wyjątki. Na przykład drewno reakcyjne jest gęstsze od normalnego, ale ma mniejszą wytrzymałość (Panshin et al. 1964, Desch et Dinwoodie 1996, za Macdonald et Hubert 2002). Gęstość drewna jest istotnym elementem wpływającym silnie na właściwości mechaniczne drewna i jego trwałość, a jej wpływ zależy od współwystępowania innych czynników, takich jak: sęki, kąt skrętu micel błonnika i drewno młodociane (Macdonald et Hubert 2002).

Madgwick (1994, za Fernandez et Norero 2006) stwierdził związek pomiędzy długością gałęzi i ich grubością u nasady pnia u *Pinus radiata* D. Don od ich lokalizacji w koronie drzew. Długość gałęzi o grubości 4 cm była o 20% większa w przypadku gałęzi pochodzących z podstawy korony niż z części wierzchołkowej korony. Madgwick (1994) stwierdził również, że przy stałej długości gałęzi ich grubość maleje wraz ze wzrostem zwarcia drzewostanu, sugerując większy wpływ zwarcia drzewostanu na grubość gałęzi u nasady niż na jej długość.

Guzy są dobrym wskaźnikiem szybkości zarastania sęków. Prezentowane wyniki badań nie wykazały istotnego statystycznie związku pomiędzy długością strefy guzów a pierśnicą. Może to sugerować, iż inne czynniki odgrywają decydującą rolę w powstawaniu tej strefy pnia.

Zaobserwowano, że w przypadku drzew z lasu świeżego długość strefy oczyszczonej jest większa niż w

przypadku drzew z lasu mieszanego świeżego. Z kolei długość stref guzów i tyłców jest większa u drzew z lasu mieszanego świeżego. Ponieważ poddano analizie populację różnowiekową z obu siedliskowych typów lasu, można domniemywać, że drzewa z lasu świeżego wcześniej skończyły wzrost na wysokość i osiągnęły w związku z tym szybciej kulminację procesu oczyszczania się.

Przyczyn zróżnicowania pomiędzy średnimi długościami stref pni należy upatrywać prawdopodobnie w znacznym rozroście drzew z VI i VII klasy wieku. Drzewa te posiadają największe wysokości i wielkość średnia wysokości drzew z VI i VII klasy wieku istotnie różni się od pozostałych – młodszych klas wieku. Ponadto, wysokość drzew z VI klasy wieku jest większa i istotnie różni się od wysokości drzew z VII klasy wieku. Łączny wpływ siedliska i wieku na wysokość jest znacznie bardziej złożony. Dodatkowym elementem mogącym mieć wpływ na istotność różnic jest rozmiar pierśnicy drzew. Istotność różnic zaobserwowano również pomiędzy VI i VII klasą wieku a pozostałymi, młodszymi klasami wieku. Prawdopodobnie zróżnicowanie parametrów pni – ich stopień oczyszczenia zależy od wielkości pozostałych parametrów, w tym przede wszystkim dwóch najważniejszych poddanych ocenie – pierśnicy i wysokości. Również Vyskot (1976) wskazuje na ogromne zróżnicowanie pomiędzy drzewami z tej samej klasy biosocjalnej i wieku w drzewostanach nizinnych, zauważając jednocześnie stosunkowo długi okres wzrostu drzew w określonej klasie biosocjalnej drzew współpanujących.

W odniesieniu do sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i do świerka pospolitego [*Picea abies* (L.) Karst.] Rautiainen i inni (2008) stwierdzili, że długość korony i jej maksymalny promień stosunkowo silnie zależą od pierśnicy i wysokości drzewa.

Mäkinen (1999) badał rozwój gałęzi u sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) przy różnym stopniu nasilenia trzebieży. Stwierdził on m.in., że wzrost gałęzi był przedłużony w przypadku intensywnego przyrostu grubości pnia. Średnio gałąź zamierała po 7 latach od zahamowania jej wzrostu na grubość. Okres przeżywalności gałęzi od momentu zaprzestania przyrostu na grubość nie zależał od cech drzew czy drzewostanów. Okres całkowitego zarastania śladu po gałęzi po obumarciu trwał ponad 40 lat. Gałęzie o dużej grubości na szybko przyrastających na grubość pniach powodowały zwiększanie długości strefy nieoczyszczonej. Fernández i Norero (2006) stwierdzili, że zabiegi hodowlane w postaci czyszczeń i trzebieży wpływają na średni rozmiar gałęzi. Rozluźnienie w drzewostanie sprzyja wzrostowi na długość i grubość gałęzi.

Więźba początkowa wpływa na warunki świetlne i przez to na natężenie konkurencji pomiędzy osobnikami zarówno o światło, jak i wodę oraz substancje odżywcze.

Najważniejszym z efektów rozluźnionej więźby jest intensywniejszy przyrost na grubość, dokonujący się we wczesnym okresie życia, oraz dłuższy okres trwania korony w stanie fizjologicznej aktywności, w związku z brakiem ograniczeń w dostępie do światła dla gałęzi (Macdonald i Hubert 2002). Michie (1926, za Macdonald et Hubert 2002) zaproponował, by maksymalny odstęp pomiędzy sadzonkami wynosił około 2,1 m, jako dający gwarancję, że powstające sęki nie będą bardzo duże u gatunków drzew leśnych. Kilpatrick i inni (1981, za Macdonald et Hubert 2002) zauważył, że rozluźnienie więźby ponad 2 metry skutkuje zwiększeniem liczby i rozmiaru gałęzi u *P. sitchensis*.

Macdonald i Hubert (2002) zauważyli, porównując wiele prac poświęconych jakości świerka *P. sitchensis*, że przerzedzanie przed zwarciem koron drzew w fazie uprawy prowadzi do zwiększenia rozmiarów sęków. Dodatkowo związane jest to z silniejszym wpływem rozrośniętej i żywotnej korony na produkcję drewna – w tym przypadku powstaje dużo drewna młodocianego. Rollinson (1986, za Macdonald et Hubert 2002) badając 17-letnie drzewostany (*P. sitchensis*) z których usunięto 75% drzew, stwierdził zwiększenie się liczby gałęzi i zmniejszenie ich średnicy.

Jakość siedliska, wiatry, nachylenie terenu, śnieg i lód oraz czynniki genetyczne wywierają wpływ na stopień gałęzistości. Macdonald (1990, za Macdonald et Hubert 2002) stwierdzili, że nawożenie azotem może spowodować zwiększony wzrost sęków. Zabiegami koniecznym dla polepszenia jakości surowca dębowego jest również podkrzesywanie. Na korzyść i niebezpieczeństwa związane z tego rodzaju zabiegami wskazywali między innymi Gieffing (1999) i Pazdrowski (1992).

5. Podsumowanie i wnioski

W wyniku obserwacji zmian ugałęzienia i procesu oczyszczania się pni dębu szypułkowego sformułowano następujące wnioski:

1. Długość strefy oczyszczonej determinowana jest warunkami siedliskowymi wzrostu badanych drzew. Drzewa wzrastające w warunkach lasu świeżego cechują się dłuższą strefą oczyszczoną niż rosnące w warunkach lasu mieszanego świeżego. Długość strefy oczyszczonej zależy również od klasy wieku. Nie zaobserwowano łącznego wpływu warunków siedliskowych i wieku na długość tej strefy pnia.

2. Na długość stref: guzów i tyłców oraz względną długość strefy gałęzi martwych wpływa istotnie klasa wieku.

3. Długość strefy gałęzi martwych oraz względną długość strefy guzów pni dębów nie były uwarunkowane warunkami siedliskowymi i wiekiem drzewostanu.

4. Względna długość strefy oczyszczonej i strefy tyłców zależy od warunków wzrostu drzew (siedliska).

5. Na bezwzględną i względną długość strefy żywej korony w istotnym stopniu wpływa klasa wieku drzewostanu, z którego wybrano analizowane drzewa. Zaobserwowano ponadto łączny wpływ zarówno wieku, jak i warunków siedliskowych na te parametry pnia.

6. Średnia pierśnica dębów rośnie z wiekiem drzew. Istotny wzrost grubości pnia na wysokości 1,3 m (pierśnicy) charakteryzuje drzewa VI i VII klasy wieku. Nie zaobserwowano wpływu warunków siedliskowych na wielkość tej cechy pomiarowej.

7. Wysokość dębów zależy zarówno od warunków siedliskowych, w których rosną badane drzewa, jak i ich wieku (klasy wieku). Większą średnią wysokością cechują się drzewa wyrosłe w warunkach lasu świeżego niż rosnące w warunkach lasu mieszanego świeżego. Drzewa reprezentujące VI i VII klasę wieku są istotnie wyższe od młodszych. Zależność ta ma miejsce w obu siedliskowych typach lasu, ponadto zaobserwowano łączny wpływ warunków siedliskowych i wieku na wysokość dębów.

8. Stwierdzono istotny statystycznie związek liniowy długości stref: oczyszczonej, z tyłcami oraz żywej korony od pierśnicy drzew. Zależność tę zaobserwowano w warunkach lasu świeżego i u wszystkich drzew rozpatrywanych łącznie. Wykazano brak istotności tych związków u dębów wzrastających w warunkach lasu mieszanego świeżego.

9. Wyróżnione strefy pnia opisujące stopień oczyszczenia drzew cechowała zróżnicowana zmienność wahająca się od 20 do blisko 80%.

Piśmiennictwo

- Brazier J. D. 1970. The effect of spacing on the wood density and wood yields of Sitka spruce. Supplement to *Forestry*, 22-28.
- Brazier J. D. 1977. The effect of forest practices on the quality of the harvested crop. *Forestry*, 50: 50-66.
- Brazier J. D., Mobbs I. D. 1993. The influence of planting distance on structural wood yields of unthinned Sitka spruce. *Forestry*, 66: 333-352.
- Briggs D. G., Smith W. R. 1986. Effect of silvicultural practices on wood properties of conifers: a review. [W:] Douglas fir: Stand Management for the Future (eds C. Oliver, D. Hanley, and J. Johnson). University of Washington Press, Seattle, 108-117.
- Catchlepoole K., Andrew I., Nester M. R., Harding K., Hogg B. 2004. Development of branch models for use in a silvicultural decision support system. [W:] Connection between forest resource and wood quality: Modelling approaches and simulation software (ed. G. Nepveu). Fourth workshop 2002, Harrison Hot Springs, BC, Canada. Nancy: LERFoB INRA-ENGREF.
- Desch H. E., Dinwoodie J. M. 1996. Timber Structure, Properties, Conversion and Use. MacMillan Press, London.
- Dickson R. L., Walker J. C. F. 1997. Selecting wood quality characteristics for pines. [W:] Timber Management Toward Wood Quality and End-Product Value (eds. S. Y. Zhang, R. Gosselin, G. Chauret). Proceedings of the CTIA-/IUFRO International Wood Quality Workshop, Quebec City. Part IV, 45-52.
- Fernandez P. M., Norero A. 2006. Relation between length and diameter of *Pinus radiata* branches. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21: 124-129.
- Gardiner J. J., O'Sullivan P. 1978. The effect of wide spacing on wood density in Sitka spruce. *Irish Forestry*, 35: 45-51.
- Gieffing D. F. 1999. Podkrzesywanie drzew w lesie. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań.
- Grace J. C., Pont D., Goulding C. J. 1999. Modelling branch development for forest management. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 29: 391-408.
- Grochowski J. 1973. Dendrometria. Warszawa, PWRiL.
- Harding T. 1988. British softwoods: properties and uses. Forestry Commission Bulletin 77. HMSO, London.
- Hejnowicz Z. 2002. Anatomia i Histogeneza roślin naczyniowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, ss. 980.
- Humphreys I. C. 1991. An investigation into the variation in strength of fast grown Sitka spruce in Northern Ireland. Unpublished report for Forest Service, Northern Ireland, Department of Agriculture.
- Ishii H., Clement J. P., Show D. C. 2003. Branch growth and crown form in old coastal Douglas-fir. *Forest Ecology and Management*, 131: 81-91.
- Kilpatrick D. J., Sanderson J. M., Savill P. S. 1981. The influence of five early respacing treatments on the growth of Sitka spruce. *Forestry*, 54: 17-29.
- Kliger I. R., Johansson G., Perstorper M., Engström D. 1994. Formulation of requirements for the quality of wood properties used by the Construction Industry. Final report EC Contract No MA2B-0024. Chalmers University of Technology, Sweden.
- Kraft G. 1884. Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Klindworth's Verlag, Hannover.
- Kramer J. K., Kozłowski T. T. 1979. Physiology of Woody Plants. Academic Press, New York.
- Krzysicki W., Bartas J., Dyczka W., Królikowska K., Wasilewski M. 2002. Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach. Cz. II. Statystyka matematyczna. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Lemke J. 1966. Korona drzewa jako kryterium oceny dynamiki wzrostowej drzew w drzewostanie sosnowym. *Folia Forestalia Polonica, Seria A*, 12: 185-236.
- Lemke J. 1968. Związek pomiędzy wielkością korony a przyrostem drzew w drzewostanach sosnowych. PTPN, tom XXV, 1-48.
- Lemke J. 1971. Przydatność korony i wysokości drzew do szacowania ich właściwości przyrostowych w drzewostanach sosnowych II i III klasy wieku. PTPN, Wydział Nauk Roln. i Leśnych, tom XXXII, 73-87.

- Macdonald E., Hubert J. 2002. A review of the effects of silviculture on timber quality of Sitka spruce. *Forestry*, 75(2): 107-138.
- Macdonald E. C. 1990. Effects of fertilizer application on the wood quality of Sitka spruce. MSc thesis, Aberdeen University.
- Madgwick H. A. I. 1994. *Pinus radiata* – Biomass, growth, and form. H. A. I. Madgwick: New Zealand.
- Magiure D. A., Johnston S. R., Cahill J. 1999. Predicting branch diameters on second-growth Douglas-fir from tree-level descriptors. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 1829-1840.
- Magiure D. A., Kershaw J. A. Jr., Hann D. W. 1991. Predicting the effects of silvicultural regime on branch size and crown wood core in Douglas-fir. *Forest Science*, 37: 1409-1428.
- Magiure D. A., Moer M., Bennet W. S. 1994. Models for describing basal diameter and vertical distribution of primary branches in young Douglas-fir. *Forest Ecology and Management*, 63: 23-55.
- Mäkinen H. 1999. Growth, suppression, death, and self-pruning of branches of Scots pine in southern and central Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(5): 585–594.
- Mäkinen H., Collins F. 1998. Predicting branch angle and branch diameter of Scots pine from usual tree measurements and stand structural information. *Canadian Journal of Forest Research*, 28: 1686-1696.
- Matuszkiewicz J. M. 2007. Zespoły leśne polski. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa, ISBN: 978-83-01-14555-2, s. 360.
- Michie J. 1926. Close and wide planting of forest trees. *Scottish Forestry Journal*, 41: 36-38.
- Mitchell H.L. 1961. A concept of intrinsic wood quality and nondestructive methods for determining quality in standing timber. Report No 2233. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin.
- Panshin A. J. de Zeeuw C., Brown H. P. 1964. *Textbook of Wood Technology*, vol. I. MacGraw-Holl, New York.
- Pazdrowski W. 1992. Zmiany jakości i wartości drewna w drzewostanach sosnowych przy zastosowaniu podkrzesywania drzew. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, Poznań, 224: 63.
- Pazdrowski W. 1994. Korona drzewa jako kryterium oceny jakości drewna sosen z drzewostanów rębnych. *PTPN, Prace Komitetu Nauk Rolnych i Komitetu Nauk Leśnych*, T. LXXVIII: 149-155.
- Pazdrowski W. 1996. Naturalne i sztuczne oczyszczanie się drzew z gałęzi a wadliwość uśrednienia drewna. *Przegląd Leśniczy*, 04: 12-13.
- Plomion Ch., Leprovost G., Stokes A. 2001. Wood Formation in Trees. *Plant Physiology*, 127:1513-1523.
- Pollack J., van Thienen F., LePage P. 1990. The Influence of Initial Espacement on the Growth of a 27-year-old Sitka spruce Plantation. British Columbia Ministry of Forest Research Note No. 104.
- Pont D. 2001. Use of phyllotaxis to predict arrangement and size of branches in *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 31: 247-262.
- Rautiainen M., Mõttus M., Sternberg P., Ervasti S. 2008. Crown Envelope Shape Measurements and Models. *Silva Fennica*, 42(1): 19-33.
- Rollinson T. J. D. 1986. A comparison of selective and systematic respacing of Sitka spruce. *Scot. For.* 40: 19-25.
- Szczupakowska M. 1975. Dynamika zarastania sęków w okresie 1971-1975 u podkrzesanych dębów, modrzewi i świerków na powierzchni doświadczalnej w Nadleśnictwie Łaski. Manuskrypt pracy magisterskiej. Katedra Użytkowania Lasu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
- Temesgen H., LeMay V., Mitchell S. J. 2005. Tree crown ratio models for multi-species and multi-layered stands of south-eastern British Columbia. *The Forestry Chronicle*, 81(1): 133-141.
- Todoroki C. L., West G. G., Knowles R. L. 2001. Sensitivity analysis of log and branch characteristics influencing sawn timber grade. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 31: 101-119.
- Ward D., Gardiner J. J. 1976. The influence of tracheid length and density in Sitka spruce. *Irish Forestry*, 33: 39-56.
- Woollons R. C., Haywood A., McNickle D. C. 2002. Modeling internode length and branch characteristic for *Pinus radiata* in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 160: 243-261.
- Vyskot M. 1976. Tree story biomass in lowland forests in South Moravia. *Academia Nakladatelstvi Ceskoslovenske Akademie Ved.*, 86(10): 1-186.
- Zobel B. J., van Buijtenen J. P. 1989. Wood variation: Its Causes and Control. Springer-Verlag, Berlin.

