

ROBERT KORZENIEWICZ¹, PRZEMYSŁAW PIKLIŃSKI², GNIEWKO NIEDBAŁA³,
MARIUSZ ADAMSKI³, MAGDALENA PIEKUTOWSKA⁴, KATARZYNA KAŻMIERCZAK⁵

¹Katedra Hodowli Lasu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,

²Katedra Użytkowania Lasu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

³Instytut Inżynierii Biosystemów
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

⁴Katedra Agrobiotechnologii

Politechnika Koszalińska

⁵Katedra Urządzania Lasu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

SMUKŁOŚĆ MODRZEWIA (*LARIX DECIDUA* MILL.) W 30-LETNIM NIEPIEŁGNOWANYM DRZEWOSTANIE I JEJ ZWIĄZEK Z WYBRANYMI CECHAMI BIOMETRYCZNYMI

SLENDERNESS OF 30-YEAR STAND LARCH (*LARIX DECIDUA* MILL.)
AND ITS RELATIONSHIPS TO OTHER BIOMETRIC PARAMETERS

Abstrakt

Wstęp. W pracy przedstawiono analizę związku smukłości z wybranymi cechami biometrycznymi w 30-letnim niepielęgowanym drzewostanie modrzewiowym (*Larix decidua* Mill.), rosnącym w warunkach siedliskowych boru mieszanego świeżego (BMśw).

Material i metody. Do analizy smukłości wykorzystano materiał badawczy pochodzący z wyodrębnionej części stałej powierzchni doświadczalnej Katedry Hodowli Lasu w Morawinie, założonej na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice, którego położenie geograficzne to 51°12'N i 18°03'E.

Wyniki. Niepielęgowany drzewostan modrzewiowy w wieku 30 lat ma budowę dwuwarstwową. Przeciętna smukłość modrzewi wyniosła $s = 1,25$ (m/cm). Ustalono, że przeciętna wysokość (h) wyniosła 14,6 m, a przeciętna pierśnica (DBH) – 12,15 cm. Stwierdzono, że w niepielęgowanym drzewostanie modrzewiowym smukłość jest skorelowana z większością cech biometrycznych badanych drzew. Dodatkowo ustalono, że korelacje smukłości z innymi cechami modrzewi tracą moc wraz z pogorszeniem pozycji biosocjalnej w drzewostanie. Najbardziej związaną ze smukło-

ścią cechą (niezależnie od pozycji biosocjalnej) jest pierśnica drzewa (DBH), a następnie szerokość korony (dk).

Wnioski. Rosnące w niepielęgnowanym drzewostanie 30-letnie modrzewie ze względu na dużą smukłość są drzewami niestabilnymi, a przez to mogą być mniej odporne na szkodliwe działanie wiatru i śniegu.

Słowa kluczowe: hodowla lasu, modrzew europejski, smukłość, wysokość, pierśnica

Wstęp

Modrzew europejski (*Larix decidua* Mill.) należy do gatunków światłożądnych i wybitnie szybkorosnących (Jaworski, 2011). Szczególnie szybki wzrost na wysokość w fazie młodości (Szymański, 1975; 1982) powoduje, że zauważa się jego predyspozycje do wykorzystania na plantacjach i w uprawach plantacyjnych, gdzie może pełnić funkcję producenta drewna w skróconych cyklach (Zabielski, 1998). Jednak szybki wzrost na wysokość (h) modrzewi we wczesnej młodości, który nie idzie w parze z równie szybkim wzrostem grubości na 1,3 m (DBH), może powodować zagrożenie związane z utratą stabilności i wystąpieniem ryzyka uszkodzeń, szczególnie wskutek wiatru. Obserwacje rozwoju niepielęgnowanych drzewostanów są ważnym źródłem informacji o wpływie naturalnych procesów na kształtowanie się rozmiarów drzew i cech drzewostanów, które mogą znaleźć zastosowanie do opracowania modeli wzrostu (Bruchwald i Zasada, 2010).

W leśnictwie zależność (stosunek) pomiędzy wysokością drzewa (h) a jego pierśnicą (DBH) nazywana jest smukłością (s) (Bruchwald, 1999; Grochowski, 1973; Jaworski, 2004). Uważa się, że kluczowymi czynnikami kształtującymi smukłość drzew są przeprowadzone w drzewostanie cięcia pielęgnacyjne (czyszczenia i trzebieże), które determinują przestrzeń wzrostu, a tym samym wpływają na warunki wzrostu drzew (Jaworski, 2004).

Analiza wybranych cech drzew pozwoliła na wytypowanie współczynnika smukłości (s) jako syntetycznej i prostej miary, służącej do oceny stabilności pojedynczych drzew i drzewostanów (Burschel i Huss, 1997; Jelonek i in., 2013). Za pomocą współczynnika smukłości można dokonać klasyfikacji odporności lasów na szkodliwe działanie czynników abiotycznych, np. wiatru i śniegu (Zajączkowski, 1991; Schütz i in., 2006). Niektórzy autorzy do tego celu wykorzystują odwrotność współczynnika smukłości (Bruchwald i Dmyterko, 2010; 2011).

Badaniami i analizą związków pomiędzy smukłością a cechami drzew i drzewostanów różnych gatunków zajmowano się w przeszłości (Rymer-Dudzińska, 1992a; 1992b; Orzeł, 2007; Kaźmierczak i in., 2008a; 2008b; Korzeniewicz i in., 2016; 2017; Bijak i Orzoł, 2018), jednak opracowania dotyczące modrzewia europejskiego są nieliczne (Kaźmierczak i in., 2011; 2012).

Prezentowana praca uzupełnia wiedzę dotyczącą kształtowania się wybranych cech biometrycznych modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.), rosnącego w 30-letnim niepielęgnowanym drzewostanie w warunkach siedliskowych boru mieszanego świeżego (BMśw). W opracowaniu przedstawiono ocenę związku pomiędzy smukłością a innymi wybranymi cechami pomiarowymi drzewa.

Material i metody

Materiał badawczy zebrano z trzech działek z modrzewiem europejskim (*Larix decidua* Mill.), które są częścią stałej powierzchni doświadczalnej Katedry Hodowli Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenie zlokalizowano na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego Siemianice w oddziale 25h (położenie geograficzne 51°12'N i 18°03'E). Pod względem regionalizacji przyrodniczo-leśnej (Kliczkowska i Zielony, 2012) jest to Kraina Śląska (V), mezoregion Równiny Oleśnickiej (V.18). Odnowienie na działkach o wymiarach 21 m × 19 m (399 m²) wykonano wiosną 1970 roku. Wykorzystano do tego celu jednoroczne sadzonki modrzewia, które posadzono z zachowaniem regularnej więźby 1 m × 1 m. Zgodnie z opisem glebowo-siedliskowym, dominującym typem siedliskowym lasu jest bór mieszany świeży (BMśw), wykształcony na glebie bielcowo-rdzawej (Szymański 1975; 1982; Korzeniewicz i in., 2016). W drzewostanach nie prowadzono żadnych cięć pielęgnacyjnych. W doświadczeniu, oprócz opisywanego w pracy modrzewia (*Larix decidua* Mill.), posadzono jeszcze osiem innych gatunków drzew leśnych (Szymański, 1975; 1982).

Obserwacjami i pomiarami objęto wszystkie żywe drzewa (328 szt.) w wieku 30 lat. Do analizy wykorzystano pomiary pierśnicy w korze (DBH), które wykonano w dwóch kierunkach na drzewach stojących, z dokładnością do 0,1 cm, a średnią arytmetyczną przyjęto za pierśnicę drzewa. Wysokość drzewa (h) oraz wysokość osadzenia korony (h_{ok}) pomierzono z dokładnością do 0,1 m za pomocą wysokościomierza Vertex III. Promień rzutu korony (r_k) ustalono na podstawie rzutowanych 4 punktów korony drzewa. Pomiar odległości rzutu do środka podstawy drzewa wykonano, posługując się taśmą mierniczą z dokładnością do 0,1 m. Za promień korony drzewa przyjęto średnią arytmetyczną z wykonanych pomiarów.

Wyniki pomiarów pozwoliły na wykonanie obliczeń i analizę następujących cech:

1. s – smukłości (m/cm), jako ilorazu wysokości drzewa (m) do jego pierśnicy (cm),
2. l_k – długości korony (m), z różnicy między wysokością drzewa (h) a wysokością osadzenia korony (h_{ok}),
3. l_k/h – względnej długości korony, jako stosunku długości korony (l_k) do wysokości drzewa (h),
4. d_k – szerokości korony (m), obliczonej jako podwojony promień korony (r_k).

Przed przystąpieniem do analizy związków smukłości z wybranymi cechami biometrycznymi modrzewi, wszystkie drzewa z powierzchni próbnych zostały zaklasyfikowane do warstwy biosocjalnej (piętra drzewostanu) według założeń Assmanna (1968). Do warstwy górnej zaliczono drzewa o ponad 80-procentowej wysokości górnej drzewostanu. Do warstwy środkowej zaklasyfikowano drzewa w przedziale 50–80-procentowej wysokości górnej drzewostanu, natomiast drzewa poniżej 50-procentowej wysokości górnej – do warstwy dolnej. Do podziału na warstwy drzewostanu przyjęto wysokość górną Weissego, którą wyznaczono na podstawie wysokości 20% najgrubszych drzew w drzewostanie (Beker, 2007). Analizę statystyczną zebranego materiału wykonano za pomocą pakietu statystycznego Statistica 13 (Dell Inc., 2016). Dla zebranego materiału wyliczono podstawowe charakterystyki statystyczne wybranych cech biometrycznych modrzewi. Ustalono także, za pomocą korelacji liniowej Pearsona, siłę

związku smukłości (s) z wybranymi cechami drzew: pierśnicą (DBH), wysokością (h), wysokością osadzenia korony (h_{ok}), długością korony (l_k), względną długością korony (l_k/h) oraz szerokością korony (d_k).

Wyniki

Naturalne procesy wynikające z oddziaływania i konkurencji doprowadziły do wydzielenia się egzemplarzy najmniej stabilnych. Z początkowego zagęszczenia 10 tys. szt./ha, w wieku 30 lat, zagęszczenie modrzewi na powierzchniach badawczych w przeliczeniu na jeden hektar, wahało się w przedziale od 2556 do 2857 sztuk. Przeciętna przeżywalność przekroczyła nieco ponad 27,3%. W strukturze biosocjalnej (tab. 1) dominują modrzewie zaliczone do warstwy górnej drzewostanu (nieznacznie powyżej 70% drzew). Ustalono, że niepielęgowane drzewostany modrzewia europejskiego w wieku 30 lat, mają budowę dwuwarstwową, bez warstwy dolnej, tj. nie stwierdzono modrzewi o wysokości poniżej 50-procentowej wysokości górnej drzewostanu.

Tabela 1. Struktura biosocjalna w 30-letnim drzewostanie z modrzewiem

Stanowisko biosocjalne	Udział drzew			
	min.	maks.	średnio	(%)
	szt./ha			
Warstwa górna	1 754	2 105	1 913	70,03
Warstwa środkowa	677	1 027	819	29,97
Warstwa dolna	0	0	0	0

W tabeli 2 została zaprezentowana charakterystyka statystyczna podstawowych cech biometrycznych 30-letnich modrzewi rosnących w warunkach siedliskowych BMśw. Pod względem grubości pierśnicowej (DBH), modrzewie przeciętnie osiągnęły nieco ponad 12 cm i wysokość (h) 14,6 m. Oznacza to, że średni współczynnik smukłości (s) u 30-letnich modrzewi wyniósł 1,25 m/cm. Udział drzew o smukłości poniżej 1,0 m/cm równał się 12,5%. Najczęściej spotykano modrzewie o smukłości w przedziale od 1,2 m/cm do 1,4 m/cm (36,1% przypadków). Analiza wybranych cech biometrycznych wskazuje, że modrzewie reprezentujące odrębne warstwy drzewostanu różnią się wymiarami. Nie przekłada się to na duże rozbieżności w wartości współczynnika smukłości. Średnio współczynnik smukłości dla modrzewi rosnących w warstwie górnej wynosi 1,22 m/cm, a rosnących w warstwie środkowej drzewostanu 1,31 m/cm.

Niezależnie od warstwy, w której rosną modrzewie, większość badanych cech charakteryzuje wysoki współczynnik zmienności (> 20%). Wyjątkami są tu wysokość i smukłość.

W tabeli 3 zaprezentowano wyniki analizy związków pomiędzy smukłością a wybranymi cechami biometrycznymi modrzewi rosnących w warstwie górnej i środkowej

Tabela 2. Charakterystyka statystyczna wybranych cech biometrycznych w 30-letnim drzewostanie modrzewiowym

Stanowisko biosocjalne	Cecha	\bar{x}	Min.	Maks.	S_{dx}	V
Cały drzewostan	s – smukłość (m/cm)	1,25	0,59	1,82	0,21	17,03
Warstwa górna		1,22	0,70	1,73	0,201	16,46
Warstwa środkowa		1,31	0,59	1,82	0,23	17,26
Cały drzewostan	DBH – pierśnica (cm)	12,15	6,20	29,55	3,45	28,39
Warstwa górna		13,30	8,50	29,55	3,401	25,58
Warstwa środkowa		9,48	6,20	14,85	1,59	16,76
Cały drzewostan	h – wysokość (m)	14,60	7,00	20,60	2,16	14,82
Warstwa górna		15,65	13,10	20,60	1,513	9,67
Warstwa środkowa		12,15	7,00	14,20	1,31	10,74
Cały drzewostan	h_{ok} – wysokość osadzenia korony (m)	7,27	1,60	13,40	2,22	30,61
Warstwa górna		7,70	2,20	13,40	2,205	28,64
Warstwa środkowa		6,26	1,60	10,20	1,93	30,83
Cały drzewostan	l_k – długość korony (m)	7,33	1,60	16,20	2,504	34,15
Warstwa górna		7,95	3,10	16,20	2,433	30,61
Warstwa środkowa		5,89	1,60	11,00	2,04	34,65
Cały drzewostan	l_k/h – względna długość korony	0,50	0,16	0,87	0,14	28,78
Warstwa górna		0,51	0,22	0,84	0,140	27,62
Warstwa środkowa		0,48	0,16	0,87	0,15	31,44
Cały drzewostan	d_k – średnica korony (m)	2,75	0,65	9,40	1,068	38,79
Warstwa górna		3,02	1,20	9,40	1,074	35,56
Warstwa środkowa		2,13	0,65	5,5	0,753	35,31

\bar{x} – średnia, S_{dx} – odchylenie standardowe, V – współczynnik zmienności.

drzewostanu. Drzewa rosnące w warstwie górnej drzewostanu charakteryzują się silniejszymi związkami smukłości z badanymi cechami drzew (tab. 3). U modrzewi rosnących w tej warstwie drzewostanu, smukłość wykazała istotną statystycznie zależność z większością badanych cech, za wyjątkiem wysokości osadzenia korony, gdzie związek okazał się statystycznie nieistotny. Ze wzrostem wszystkich cech biometrycznych, smukłość modrzewi rosnących w górnej warstwie drzewostanu maleje. Najsilniejszy związek stwierdzono z pierśnicą (–0,9061), szerokością korony (–0,7448) i wysokością (–0,5124). Najslabszą korelację uzyskano z długością korony (–0,3712) i względną długością korony (–0,2200). W warstwie środkowej, związki smukłości z badanymi cechami modrzewi, kształtują się nieco inaczej (tab. 3). Dalej najsilniejszą korelację

Tabela 3. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona pomiędzy smukłością 30-letnich modrzewi a wybranymi cechami drzew

Stanowisko biosocjalne	DBH (cm)	h (m)	h _{ok} (m)	l _k (m)	l _k /h	d _k (m)
Warstwa górna	-0,9061 <i>p</i> = 0,000	-0,5124 <i>p</i> = 0,000	0,0581 <i>p</i> = 0,381	-0,3712 <i>p</i> = 0,000	-0,2200 <i>p</i> = 0,001	-0,7448 <i>p</i> = 0,000
Warstwa środkowa	-0,8216 <i>p</i> = 0,000	0,4612 <i>p</i> = 0,000	0,4834 <i>p</i> = 0,000	-0,1617 <i>p</i> = 0,112	-0,3462 <i>p</i> = 0,000	-0,4088 <i>p</i> = 0,000

odnotowano z pierśnicą (-0,8216). W przypadku wysokości osadzenia korony (0,4834) i wysokości (0,4612), wraz ze wzrostem wartości tych cech, smukłość modrzewi rośnie. Inaczej prezentowało się to, jeśli chodzi o drzewa rosnące w warstwie górnej. Słabszy związek smukłości modrzewi rosnących w warstwie środkowej odnotowano dla szerokości korony i względnej długości korony. W przypadku długości korony związek był statystycznie nieistotny. Warstwa środkowa drzewostanu jest specyficzną grupą drzew, które nie dotrważą do wieku dojrzałego. Tworzą ją drzewa cienkie (średnia pierśnica 9,48 cm), o znacznie mniej zróżnicowanych pierśnicach. Ich zmienność wyniosła niespełna 17%, przy ponad 25-procentowej zmienności grubości drzew warstwy górnej i ponad 28-procentowej całego drzewostanu (tab. 2). Są to drzewa najniższe, o średniej wysokości nieco ponad 12 m i przy jedynie nieco ponad 10-procentowym zróżnicowaniu tej cechy. Pierśnica modrzewi z warstwy środkowej nie wykazała związku z ich wysokością ($r = 0,0818$; $p = 0,423$), ale wraz ze wzrostem grubości przy tej samej wysokości modrzewia, korona była niżej osadzona. W tej grupie drzew, ze wzrostem wysokości drzew, rosła ich smukłość, odmiennie niż w warstwie górnej drzewostanu (tab. 3).

Dyskusja

Smukłość drzew jest miarą, którą wielu autorów uważa za prosty wskaźnik stabilności pojedynczych drzew i drzewostanów (Burschel i Huss, 1997; Jelonek i in., 2014). Przykładowo, Burschel i Huss (1997) dla drzew iglastych proponują kryteria, według których drzewa uznane za bardzo niestabilne osiągają współczynnik smukłości powyżej 1,0 m/cm. Uważa się także, że smukłość może służyć, wraz z cechami charakteryzującymi budowę korony, do predykcji uszkodzeń powodowanych przez wiatr (Wang i in., 1998; Jelonek i in., 2013).

W niepielęgowanym drzewostanie modrzewia, który stanowił przedmiot badań, udział drzew o smukłości poniżej 1,0 m/cm był niewielki i wyniósł 12,5%. Oznacza to, że zgodnie z kryteriami Burschela i Husa, zdecydowana większość modrzewi jest bardzo niestabilna i może być podatna na działanie czynników abiotycznych, np. wiatru. Jest to wynik odmienny od wyników uzyskanych przez Kaźmierczak i in. (2011). W badaniach prowadzonych w drzewostanach gospodarczych, smukłość modrzewi, niezależnie od klasy, wieku, siedliska i pozycji biosocjalnej (oprócz modrzewi zaliczonych do III klasy Krafta), nie przekraczała umownej wartości ($s > 1,0$ m/cm), powyżej

której drzewa uznaje się za bardzo niestabilne (Kaźmierczak i in., 2011). Przyczyną uzyskania różniących się wyników mógł być odmienny sposób prowadzenia drzewostanów, ponieważ w analizowanym obiekcie nie wykonano cięć pielęgnacyjnych. Uważa się, że za pomocą zabiegów hodowlanych, np. czyszczenia i trzebieży, można kształtować smukłość drzew (Jaworski, 2004). Selekcja drzew o długich koronach, utrzymywanie odpowiedniego zagęszczenia i stopniowe usuwanie drzew z warstwy górnej drzewostanu powoduje obniżenie współczynnika smukłości (Wang i in., 1998). Przykładowo zastosowanie rębni przerębowej w borze górnoreglowym na Pilsku (Jaworski i Pach, 2011), która prowadzi do powstania drzewostanów o złożonej budowie, wpłynęło na wartość współczynnika smukłości u świerków. W badanych na Pilsku drzewostanach świerkowych o złożonej strukturze, w warstwie górnej drzewostanu, dominowały świerki o smukłości 0,6 m/cm. Innym przykładem wpływu zabiegów hodowlanych na smukłość drzew są badania prowadzone w drzewostanach gospodarczych, w których wskazano, że zwiększenie przestrzeni wzrostu, jaką ma do dyspozycji pojedyncze drzewo w drzewostanie, prowadzi do zwiększenia przyrostu grubości w porównaniu z przyrostem wysokości, co w konsekwencji skutkuje obniżeniem współczynnika smukłości (Kaźmierczak i in., 2012). Porównując otrzymane wyniki z wynikami badań nad smukłością innych gatunków w podobnym wieku (30 lat), ustalono, że przeciętna smukłość modrzewi jest nieco niższa od smukłości brzozy brodawkowatej – 1,31 m/cm (Korzeniewicz i in., 2016) i niemal identyczna jak świerków – 1,24 m/cm (Korzeniewicz i in., 2017). Natomiast 30-letnie dęby w badaniach Kaźmierczak i in. (2009) były zdecydowanie mniej smukłe – 1,09 m/cm. W tym przypadku był to drzewostan gospodarczy, w którym prowadzono cięcia pielęgnacyjne zwiększające przestrzeń wzrostu. Brak zabiegów pielęgnacyjnych oraz młody wiek badanych modrzewi mogą stanowić uzasadnienie wysokiej wartości współczynnika smukłości. W badaniach nad smukłością różnych gatunków podkreśla się jej związek z wiekiem drzew (Rymer-Dudzińska, 1992a; Rymer-Dudzińska i Tomusiak, 2000; Orzeł, 2007; Kaźmierczak i in., 2011; Bijak i Orzeł, 2018). Dlatego porównując otrzymane wyniki smukłości modrzewia 30-letniego ze średnią smukłością innych gatunków, należy uwzględnić czynnik wieku porównywanych drzew. Przy wzięciu go pod uwagę, w drzewostanach dębowych smukłość waha się w szerokim przedziale od 0,56 m/cm do 1,36 m/cm, w bukowych od 0,70 m/cm do 1,27 m/cm (Rymer-Dudzińska i Tomusiak, 2000), w sosnowych od 0,75 m/cm do 1,34 m/cm (Rymer-Dudzińska, 1992b), w świerkowych od 0,59 m/cm do 1,19 m/cm (Kaźmierczak i in., 2008b). W drzewostanach drugiej klasy wieku, Orzeł (2007) podaje, że przeciętna smukłość ośmiu badanych gatunków wyniosła 0,817 m/cm i ma związek z wiekiem drzew. W przypadku robinii akacjowej Bijak i Orzeł (2018) stwierdzają, że wraz z pogorszeniem pozycji socjalnej wartość współczynnika smukłości u tego gatunku rośnie, natomiast z wiekiem maleje, osiągając średnio 0,91 m/cm, przy czym smukłość robinii drugiej klasy wieku wyniosła 0,98 m/cm.

W badanym drzewostanie modrzewiowym smukłość była skorelowana z wieloma badanymi cechami drzew. Relacje smukłości inaczej układają się w warstwie górnej drzewostanu i w warstwie środkowej. Drzewa rosnące w warstwie górnej drzewostanu charakteryzują się silniejszymi związkami smukłości z badanymi cechami drzew. Najczęściej wraz ze wzrostem wartości badanej cechy malała wartość współczynnika smukłości (tab. 3). U niepielęgnowanych modrzewi najsilniej skorelowaną ze smukłością cechą jest pierśnica (DBH), a następnie szerokość korony (dk). Pod tym

względem są to wyniki spodziewane i publikowane w pracach dotyczących modrzewia (Kaźmierczak i in., 2011; 2012). Na zbliżonym poziomie smukłość koreluje z pierśnicą (DBH) u sosny zwyczajnej (Rymer-Dudzińska, 1992a; 1992b), a na zdecydowanie niższym w przypadku świerka pospolitego (Korzeniewicz i in., 2017) i gatunków północnoamerykańskich – świerka białego (*Picea glauca* (Moench) Voss), świerka czarnego (*Picea mariana* (Mill.) Britton, Sterns & Poggenb.), sosny wydmowej (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud.) (Wang i in., 1998).

Przedstawione wyniki mogą dostarczyć podstawowych informacji, które można wykorzystać w modelowaniu wzrostu. Świadoma rezygnacja z wykonania zabiegów pielęgnacyjnych pozwoliła na obserwację naturalnych procesów, które doprowadziły do ukształtowania struktury drzewostanu i wpłynęły na indywidualne cechy modrzewi. Wynik doświadczenia może wskazywać, że istnieje związek między brakiem prowadzenia zabiegów pielęgnacyjnych a smukłością modrzewi w 30-letnim drzewostanie. Dlatego planując odnowienie lub założenie plantacji modrzewiowej, należy uwzględnić konieczność zapewnienia właściwej przestrzeni życiowej przez zastosowanie luźnej więzby lub cięć pielęgnacyjnych w celu ukształtowania względnie stabilnych drzew.

Wnioski

1. Niepielęgnowane drzewostany modrzewia w wieku 30 lat charakteryzują się wysoką smukłością. Ponad 87% modrzewi zostało zaklasyfikowanych jako bardzo niestabilne o $s > 1,0$ m/cm, a co za tym idzie – mogą być to drzewa podatne na działanie czynników abiotycznych, szczególnie wiatru.

2. Brak pielęgnacji drzewostanów modrzewiowych do 30 roku mógł wpłynąć na wysokość współczynnika smukłości.

3. Silny, odwrotnie proporcjonalny związek smukłości z szerokością korony (d_k), należy uwzględnić w trakcie prowadzenia zabiegów pielęgnacyjnych.

4. Sezonowe zrzucanie igieł przez modrzewie może łagodzić ocenę zagrożenia ze strony wiatru i śniegu, które jest wynikiem wysokiej smukłości.

Literatura

- Assmann, E. (1968). *Nauka o produktywności lasu*. Warszawa: PWRiL.
- Beker, C. (2007). Wysokość górna w drzewostanach sosnowych. *Sylvan*, 151(3), 36–42.
- Bijak, S., Orzoł, K. (2018). Smukłość drzew w drzewostanach robinioowych. *Leśne Prace Badawcze*, vol. 79(2), 113–117. <https://doi.org/10.2478/frp-2018-0012>
- Bruchwald, A. (1999). *Dendrometria*. Warszawa: Wyd. SGGW.
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2010). Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. *Leśne Prace Badawcze*, 71(2), 165–173. <https://doi.org/10.2478/v10111-010-0012-3>
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2011). Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa. *Sylvan*, 155(7), 459–471.
- Bruchwald, A., Zasada, M. (2010). Model wzrostu modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.). *Sylvan*, 154(9), 615–624.
- Burschel, P., Huss, J. (1997). *Grundriss des Waldbaus*. Berlin: Parey Buchverlag.

Korzeniewicz, R., Pikiński, P., Niedbała, G., Adamski, M., Piekutowska, M., Kaźmierczak, K. (2019). Smukłość modrzewia (*Larix decidua* Mill.) w 30-letnim niepielęgowanym drzewostanie i jej związek z wybranymi cechami biometrycznymi. *Nauka Przyr. Technol.*, 13, 1, 23–32. <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00262>

- Dell Inc. (2016). Dell Statistica (data analysis software system), version 13. software.dell.com.
- Grochowski, J. (1973). *Dendrometria*. Warszawa: PWRiL.
- Jaworski, A. (2004). *Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania i pielęgnacji drzewostanów*. Warszawa: PWRiL.
- Jaworski, A. (2011). *Hodowla lasu. Tom III: Charakterystyka hodowlana drzew i krzewów leśnych*. Warszawa: PWRiL.
- Jaworski, A., Pach, M. (2011). Charakterystyka wybranych cech morfologicznych świerków wpływających na ich stabilność, ukształtowanych w wyniku stosowania różnych rębni w borze górmoreglowym na Pilsku. *Leśne Prace Badawcze*, vol. 72(2), 171–181. <https://doi.org/10.2478/v10111-011-0017-6>
- Jelonek, T., Walkowiak, R., Jakubowski, M., Tomczak, A. (2013). Analiza wskaźników stabilności drzew w drzewostanach sosnowych uszkodzonych przez wiatr. *Sylvan* 157(5), 323–329.
- Jelonek, T., Tomczak, A., Pazdrowski, W. (2014). Wybrane wskaźniki stabilności drzew w drzewostanach sosnowych narażonych na wiatr. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 39/2B, 35–45.
- Kaźmierczak, K., Nawrot, M., Pazdrowski, W., Najgrakowski, T., Jędraszak, A. (2011). Kształtowanie się smukłości modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) w zależności od siedliska, wieku i pozycji biosocjalnej. *Sylvan* 155(7), 472–481.
- Kaźmierczak, K., Nawrot, M., Pazdrowski, W., Jędraszak, A., Najgrakowski, T. (2012). Smukłość modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.) i jej związki z innymi cechami biometrycznymi. *Sylvan*, 156(2), 83–88.
- Kaźmierczak, K., Pazdrowski, W., Mańka, K., Szymański, M., Nawrot, M. (2008a). Kształtowanie się smukłości pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w zależności od wieku drzew. *Sylvan*, 152(7), 39–45.
- Kaźmierczak, K., Pazdrowski, W., Paraniak, P., Szymański, M., Nawrot, M. (2008b). Smukłość jako miara stabilności świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) na przykładzie drzewostanów Sudetów Środkowych. *Materiały konferencyjne Human and nature safety* 3, 228–230.
- Kliczkowska, A., Zielony, R. (2012). Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- Korzeniewicz, R., Borzyszkowski, W., Szmyt, J., Kaźmierczak, K. (2016). Smukłość 30-letniego niepielęgowanego drzewostanu brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar.* <https://doi.org/10.17306/J.AFW.2016.2.10>
- Korzeniewicz, R., Jakubowski, M., Jelonek, T., Kaźmierczak, K., Tomczak, A. (2017). Smukłość świerków (*Picea abies* (L.) H. Karst) w 30-letnim niepielęgowanym drzewostanie i jej związek z wybranymi cechami biometrycznymi. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar.*, 16(2), 131–140. <https://doi.org/10.17306/J.AFW.2017.2.13>
- Orzeł, S. (2007). A comparative analysis of slenderness of the main tree species of the Niepolomice Forest. *Electron. J. Pol. Agric. Univer. Series Forestry* 10(2), #13.
- Rymer-Dudzińska, T. (1992a). Smukłość drzew w drzewostanach sosnowych. *Sylvan*, 136(11), 35–44.
- Rymer-Dudzińska, T. (1992b). Zależność średniej smukłości drzew w drzewostanach sosnowych od różnych cech taksacyjnych drzewostanu. *Sylvan*, 136(12), 19–25.
- Rymer-Dudzińska, T., Tomusiak, R. (2000). Porównanie smukłości drzewostanów bukowych i dębowych. *Sylvan*, 144(9), 45–52
- Schütz, J-P., Götz, M., Schmid, W., Mandallaz, D. (2006). Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. *Eur. J. Forest Res.*, 125, 291–302. <https://doi.org/10.1007/s10342-006-0111-0>
- Szymański, S. (1975). Wstępne wyniki badań tempa wzrostu w pierwszej młodości kilku ważniejszych gatunków drzew leśnych na siedlisku boru mieszanego świeżego. W: *Gospodarka leśna i drzewna na tle nowoczesnej ochrony środowiska* (s. 36–43). Referaty na zjazd Absolwentów Wydziału Leśnego. Poznań: Wyd. AR.

Szymański, S. (1982). Wzrost niektórych gatunków drzew leśnych w pierwszych 10 latach życia na siedlisku boru mieszanego świeżego. *Sylvan*, 126(7), 11–29.

Wang, Y., Titus, S. J., LeMay, V. M. (1998). Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal mixedwood forests. *Can. J. For. Res.*, 28(8), 1171–1183. <https://doi.org/10.1139/x98-092>

Zabielski, S. (1998). *Plantacyjna uprawa drzew i krzewów szybko rosnących*. Poznań: Wyd. AR.

Zajączkowski, J. (1991). *Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu*. Warszawa: Wyd. Świat.

SLENDERNESS OF 30-YEAR STAND LARCH (*LARIX DECIDUA* MILL.) AND ITS RELATIONSHIPS TO OTHER BIOMETRIC PARAMETERS

Abstract

Introduction. Presented study is focused on the analysis of the correlation between slenderness (s) of larch (*Larix decidua* Mill.) and chosen biometric characteristics, growing at the mixed fresh coniferous forest site type.

Material and methods. Data were collected on three plots being the part of the permanent experimental plot of the Silviculture Department, located at the Siemianice Forest Experimental Station. Geographic location 51°12'N and 18°03'E.

Results. At the age of 30, the unattended larch tree stand has a two-layer structure. Trees characterized by the high values of the average slenderness index, $s = 1.25$ (m/cm). It was found that the average height (h) was 14.6 m, and the average diameter (DBH) – 12.15 cm. Results showed that s index is correlated with few biometric traits of trees. Additionally, it was found that the correlations of slenderness with other features of larch lose strength with the deterioration of biosocial position in the stand. The most strongly associated trait with slenderness is the tree breastbone (DBH) – independently of the biosocial position, followed by the width of the crown (d_k).

Conclusions. The 30-year-old larches growing in unmanaged stands, due to their large slenderness, are unstable, and thus may be less resistant to harmful effects of wind and snow.

Key words: silviculture, larch (*Larix decidua* Mill.), slenderness, height, diameter

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Robert Korzeniewicz, Katedra Hodowli Lasu, Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 71a, 60-625 Poznań, e-mail: korzon@up.poznan.pl

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:

29.01.2019

Do cytowania – For citation:

Korzeniewicz, R., Pikliński, P., Niedbała, G., Adamski, M., Piekutowska, M., Kaźmierczak, K. (2019). Smukłość modrzewia (*Larix decidua* Mill.) w 30-letnim niepielegnowanym drzewostanie i jej związek z wybranymi cechami biometrycznymi. *Nauka Przyr. Technol.*, 13, 1, 23–32. <http://dx.doi.org/10.17306/J.NPT.00262>