

JERZY SZWAGRZYK, JANUSZ SZEWCZYK

Wpływ trofizmu i wilgotności siedliska na wzrost i pokrój sosen i dębów w Puszczy Niepołomickiej

Influence of site fertility and moisture
on the growth and architecture of pine and oak in the Niepołomice Forest

Abstract. Allometric relationships were analyzed in 252 pines and 158 oaks growing in mature stands in three habitat types in the Niepołomice Forest in southern Poland. The most striking result of the study was that the height of Scots pine was strongly related to the site moisture, but not to the soil fertility. The tallest pines grew in the moist mixed pine forest habitat. On the contrary, height of oaks was strongly related to the site fertility, but not to the moisture. In pines the indices of slenderness were rather low, but the low values of relative crown length indicated that the trees had been once growing in dense stands. In oaks, the low indices of slenderness and the relatively long crowns indicated, that deciduous stands of the Niepołomice Forest have never been very dense.

Keywords: allometry, forest habitat types, managed stands, *Pinus sylvestris*, *Quercus robur*

Wstęp

Na wzrost i pokrój drzew wpływa kilka grup czynników. Najważniejsza z nich jest niewątpliwie zmienność genetyczna. Zarówno różnice między gatunkami [Bolibok, Brzeziecki 2000, Ishii i in. 2000], jak i pomiędzy ekotypami w obrębie jednego gatunku [Assman 1968, Kramer i in. 1988, Oliver i Larson 1996] mają podłoże genetyczne. Druga grupa czynników to szeroko rozumiane warunki środowiska. Składają się na to zarówno czynniki siedliskowe niezwiązane z aktualnym stanem drzewostanu (klimat, warunki topograficzne, warunki glebowe), jak i cechy samego drzewostanu (zwarcie, piętrowość, skład gatunkowy, forma zmieszania etc.). W rezultacie forma każdego drzewa jest wypadkową wpływu wielu czynników, oddziałujących w sposób mniej lub bardziej ciągły przez cały czas jego wzrostu i rozwoju [Ishii i in. 2000].

Wpływ zagęszczenia drzewostanu na relacje allometryczne u drzew leśnych był wielokrotnie przedmiotem badań [Schmidt-Vogt 1986, Kohyama i in. 1990, Hasenauer, Monserud 1996]. Związki między zagęszczeniem, a względną długością korony drzewa należą do najczęściej cytowanych, podręcznikowych przykładów zmienności architektury drzew

[Assmann 1968, Czarnowski 1978, Kramer i in. 1988]. Wpływ siedliska na pokrój drzew oceniany był natomiast stosunkowo rzadko. Spośród czynników siedliskowych, oddziałujących na pokrój drzewa, dokładniej analizowano tylko wpływ klimatu. Szczególnie dużo prac tego typu wykonano w gradiencie wysokościowym w górach [Socha 1998, Orzeł, Socha 1999]. Wpływ zmian klimatycznych wywołanych zmianą wysokości jest na ogół bardzo wyraźny, zwłaszcza w wyższych położeniach. W wypadku świerka przeważa on wyraźnie nad innymi czynnikami siedliskowymi [Kliczkowska, Bruchwald 2000].

Niewiele jest natomiast prac zajmujących się wpływem lokalnych warunków siedliskowych – a zwłaszcza trofizmu i wilgotności gleby – na architekturę drzew w warunkach mało zróżnicowanego klimatu. Sytuacje te są powszechne w warunkach niżowych, gdzie zmienność klimatyczna w obrębie jednego kompleksu leśnego jest znikoma, natomiast zmienność warunków troficznych i wilgotnościowych, często powiązana z topografią terenu, może być bardzo duża nawet na małej przestrzeni [Faliński 1986]. O ile stosunkowo dobrze poznane są relacje między typami siedliskowymi lasu a klasami bonitacji głównych gatunków drzew [Przybylski 1993], o tyle zmienność relacji allometrycznych u drzew na różnych siedliskach pozostaje praktycznie nieznaną.

Celem niniejszej pracy była próba określenia, w jaki sposób czynniki troficzne i wilgotnościowe wpływają na architekturę drzew w warunkach siedlisk niżowych. Badania skoncentrowano na analizie związków między pierśnicą drzewa a jego wysokością, długością oraz maksymalną średnią korony. Obiektem badań była sosna pospolita i dąb szypułkowy, dwa główne gatunki w lasach niżowych południowej Polski.

Materiał i metody zbioru danych

Terenem badań była Puszcza Niepołomicka, w której w latach 1998-2001 prowadzone były kompleksowe prace nad dynamiką zmian zachodzących w ekosystemach leśnych [Weiner i in. 2000]. Materiał do analiz został zebrany w latach 1999-2000 z 25 stałych powierzchni badawczych rozmieszczonych w sposób możliwie regularny w starszych drzewostanach Puszczy Niepołomickiej (ryc. 1). W pracach skoncentrowano się na tych siedliskach i drzewostanach, w których dominującą rolę odgrywa sosna pospolita (66% udziału powierzchniowego w lasach Puszczy) lub dęby (ponad 19% udziału). Pominie natomiast wszystkie drzewostany zdominowane przez olszę czarną, których udział powierzchniowy w Puszczy Niepołomickiej wynosi około 11% [Grodziński i in. 1984, Król i in. 1997]. Klasyfikacja siedlisk na powierzchniach badawczych została wykonana na podstawie szczegółowych badań glebowych [Wanic, Lasota 2000], szczegółowych badań fitosocjologicznych [Różański, Kutyna 2001] oraz badań nad dynamiką poziomu wód gruntowych [Suliński 1981, Chełmicki, Ciszewski 2001]. Bór mieszany wilgotny i las mieszany wilgotny zostały połączone w jedną kategorię, przede wszystkim ze względu na wyraźny stopniowy charakter przejścia między tymi typami oraz przejściowy charakter większości powierzchni badawczych. Siedliska lasu świeżego na pagórkach morenowych zostały przyłączone do lasu wilgotnego, ponieważ były reprezentowane tylko przez dwie powierzchnie (w skali Puszczy siedliska te zajmują niecały jeden procent powierzchni).

W trakcie prac terenowych na powierzchniach badawczych pomierzono dla każdego drzewa: pierśnicę, wysokość i wysokość osadzenia korony oraz maksymalną szerokość



RYC. 1. Rozmieszczenie powierzchni badawczych w Puszczy Niepołomickiej: A – siedliska Lw i Lśw, B – siedliska BMw i LMw, C – siedliska BMśw

korony. Ze wszystkich sosen i dębów w obrębie powierzchni badawczych pobrano też z wysokości 1,3 m nad ziemią pojedyncze odwierty za pomocą świdra przyrostowego Presslera. W sumie do analiz statystycznych dysponowano próbą 252 drzew dla sosny i 158 drzew dla dębu szypułkowego.

Metody analiz danych

Analizę zależności allometrycznych wykonano osobno dla każdej z trzech kategorii siedliskowych: boru mieszanego świeżego, boru mieszanego wilgotnego (z włączonym lasem mieszanym wilgotnym) oraz siedlisk grądowych (obejmujących siedliska lasu wilgotnego i lasu świeżego). Pierwsza kategoria była reprezentowana przez 7 powierzchni, druga przez 10, a trzecia – przez 8 powierzchni badawczych (ryc. 1).

Do analizy związków między pierśnicą, a wysokością drzew i wysokością osadzenia korony wybrano funkcję Näeslunda [Bolibok, Brzeziecki 2000, Giel i in. 2001] w postaci:

$$h = d^2 (a_1 + b_1 \cdot d)^{-2} + 1,3$$

$$h_k = d^2 (a_2 + b_2 \cdot d)^{-2} + 1,3$$

gdzie:

- h – wysokość drzewa,
- h_k – wysokość osadzenia korony,
- d – pierśnica drzewa,
- a_1, a_2, b_1, b_2 – współczynniki równania regresji.

Szerokość korony drzewa modelowano jako funkcję pierśnicy:

$$C_w = a + b \cdot d^{1/2}$$

gdzie:

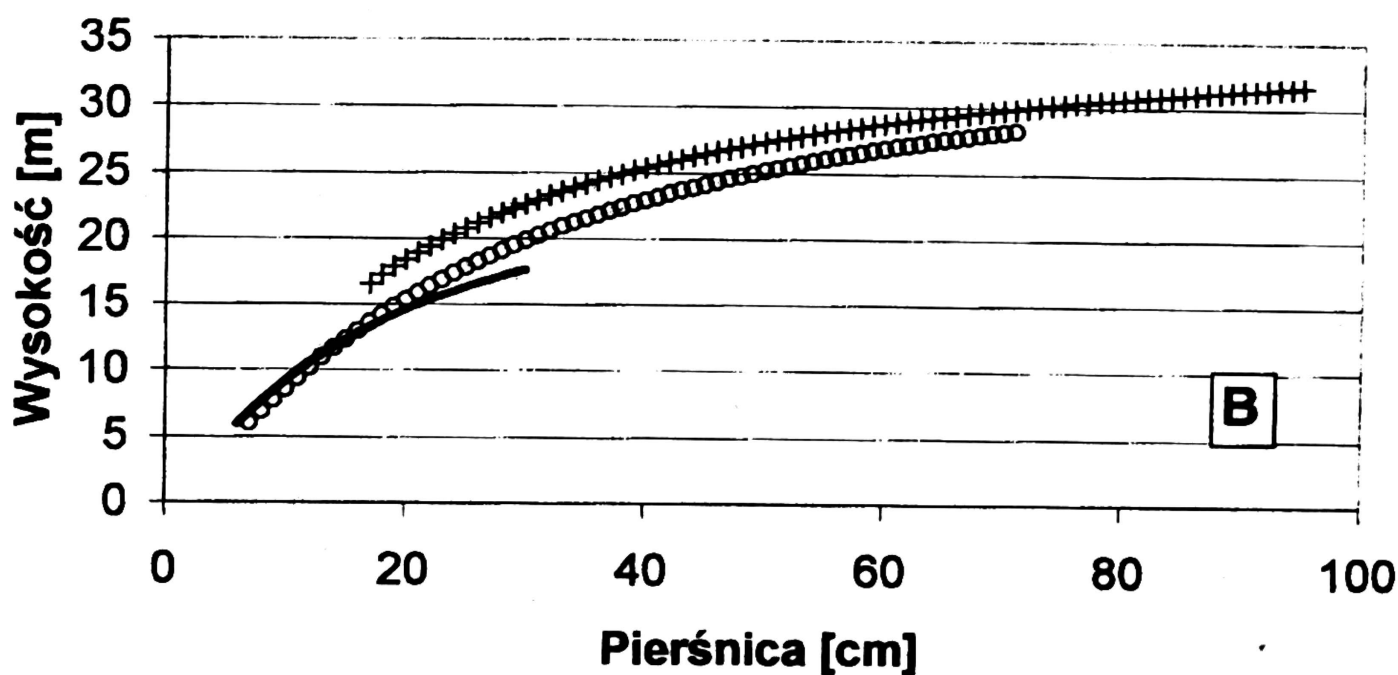
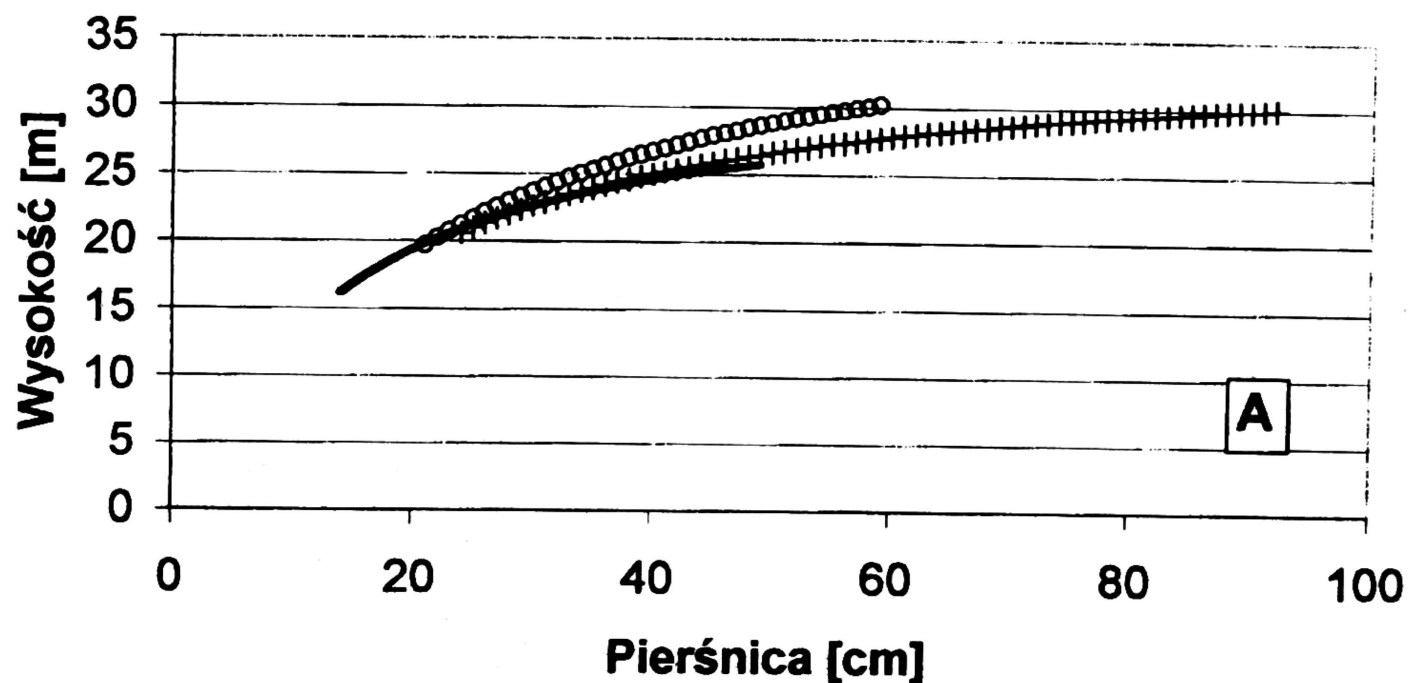
- C_w – maksymalna szerokość korony,
- d – pierśnica drzewa,
- a, b – współczynniki równania.

Analizowano osobno każdą z kategorii siedliskowych, w niektórych przypadkach rozdzielano też je według wieku, kierując się kryterium odpowiednio licznej próby w każdej z analizowanych kategorii. Krzywe dopasowywano korzystając z automatycznych procedur w pakiecie STATGRAPHICS. Na podstawie wyników pomiarów obliczono także dla sosen i dębów współczynniki smukłości oraz względne długości koron; wskaźniki te zostały przedstawione graficznie dla poszczególnych gatunków i kategorii siedliskowych, a istotności różnic między średnimi zostały przetestowane za pomocą testu 't'.

Wyniki

Dopasowane krzywe wysokości dla sosny na trzech kategoriach siedlisk są przedstawione na rycinie 2a, a dla dębu szypułkowego – na rycinie 2b. Zakres pierśnic, dla których przedstawiono krzywe na rycinach, pokrywa się z zakresem pierśnic drzew danego gatunku pomierzonych w danej kategorii siedliskowej. Dla sosny dopasowanie jest największe na siedliskach grądowych ($r=0,7143$), a u dębu – w przypadku siedliska BMw/LMw ($r=0,9211$). Dla obu gatunków dokonano też podziału na kategorie wiekowe w obrębie siedlisk. Dla sosny na siedlisku boru mieszanego świeżego (gdzie drzewostany były nieco młodsze) jako granicę przyjęto wiek 70 lat, a w przypadku boru mieszanego wilgotnego (połączony z lasem mieszanym wilgotnym) – 80 lat (tab. 1). Ze względu na małą liczebność próby nie dokonano podziału na klasy wiekowe dla siedlisk grądowych. Na siedlisku BMśw dopasowania były lepsze w przypadku drzew młodszych; to samo odnosi się do dopasowania długości korony, która też była lepiej dopasowana w przypadku drzew młodszych niż w przypadku drzew starszych lub całego zbioru drzew z danej kategorii siedliskowej (tab. 1). Na siedlisku BMw/LMw tylko długość korony była lepiej dopasowana w przypadku drzew młodszych ($r=0,5157$) niż w całej próbie ($r=0,3507$).

W przypadku dębu rozdział na kategorie wiekowe wykonano dla wszystkich trzech kategorii siedliskowych. Na siedliskach grądowych wartością graniczną był wiek 80 lat, a na siedliskach BMw/LMw i BMśw – 50 lat. Na siedliskach grądowych dopasowanie wysokości drzew do pierśnicy było nieco lepsze w przypadku drzew młodszych ($r=0,8170$) niż w przypadku całej próby ($r=0,7734$). Podobna sytuacja wystąpiła przy analizie zależności wysokości osadzenia korony od pierśnicy dla dębów na siedliskach grądowych.



— BMśw ◦ BMW/LMW + Lw/Lśw

RYC. 2. Krzywe wysokości dla drzew na trzech kategoriach siedlisk: a – dla sosny pospolitej, b – dla dębu szypułkowego

W przypadku długości korony (oznaczonej w tabelach jako C_L) dopasowania dla całej próby były lepsze niż dopasowania w obrębie kategorii wiekowych na wszystkich siedliskach.

Zależność między pierśnicą drzewa, a szerokością jego korony jest przedstawiona na rycinie 3a dla sosny i na rycinie 3b dla dębu. Dęby mają, oczywiście, szersze korony niż sosny o tej samej pierśnicy. W zakresie pierśnic, dla którego można porównać wszystkie kategorie siedliskowe, stosunkowo najszersze korony mają dęby z siedliska BMśw, a stosunkowo najwęższe – dęby z siedlisk łąkowych (ryc. 3b). Trzeba jednak wziąć pod

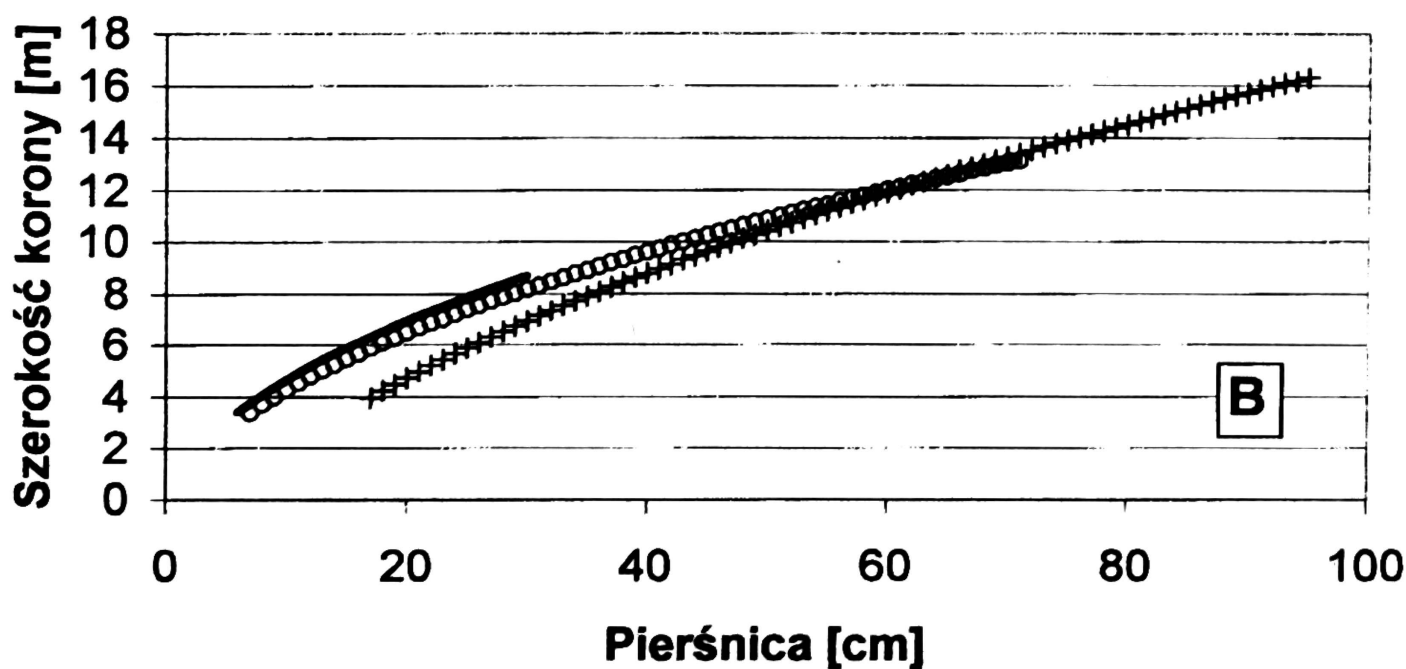
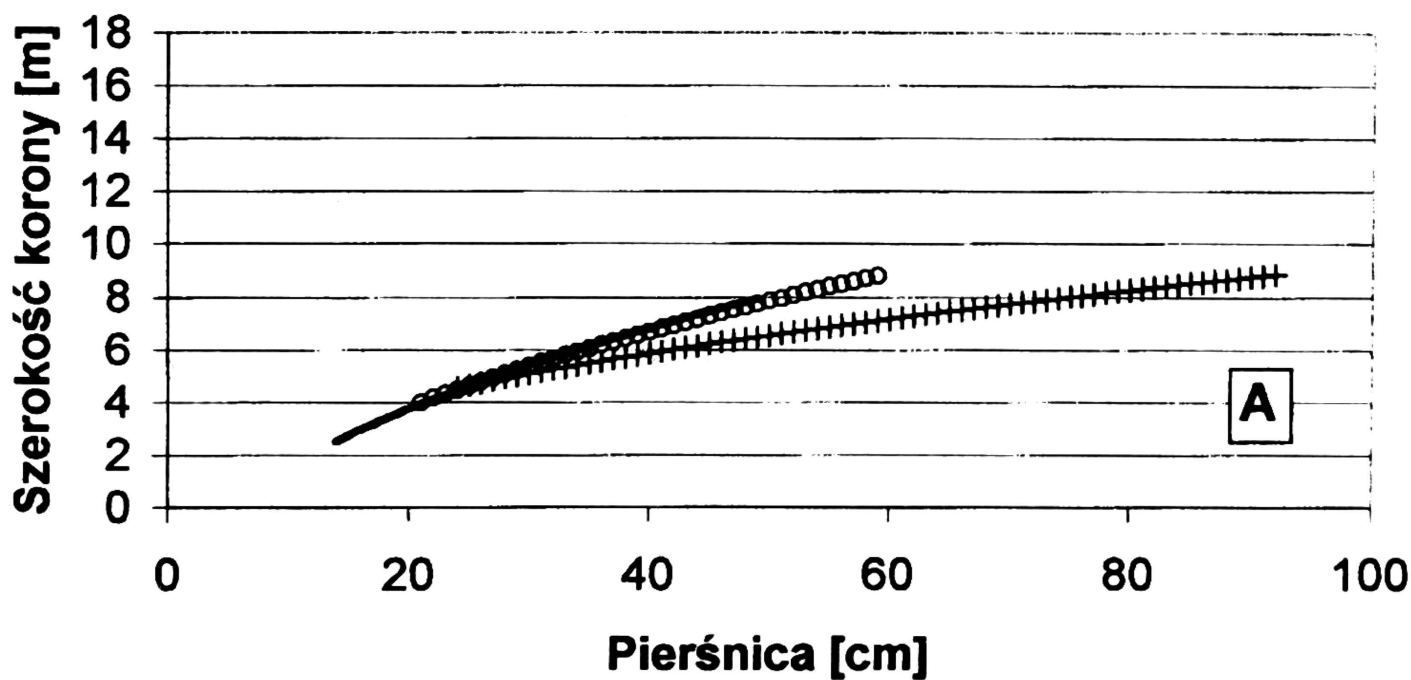
TABELA 1
Współczynniki równań (a, b) i wartość dopasowania (r) dla sosen z Puszczy Niepołomickiej

Siedlisko i relacja	Współczynniki równań i wartość dopasowania								
	a	b	r	a	b	r	a	b	r
BMśw	poniżej 70 lat			powyżej 70 lat			razem		
h-d	1,132	0,178	0,618	2,425	0,146	0,471	1,120	0,179	0,610
h _k -d	0,857	0,253	0,256	2,218	0,197	0,303	1,429	0,226	0,432
C _L -d	3,745	0,241	0,516	9,125	0,162	0,386	2,385	0,310	0,351
C _w -d	-2,800	1,469	0,723	-6,245	2,106	0,476	-3,692	1,661	0,756
BMw/LMw	poniżej 80 lat			powyżej 80 lat			razem		
h-d	1,488	0,162	0,418	1,560	0,159	0,410	1,535	0,160	0,493
h _k -d	1,035	0,232	0,217	-0,151	0,247	0,034	1,413	0,215	0,332
C _L -d	5,151	0,203	0,382	13,040	0,057	0,551	5,011	0,223	0,351
C _w -d	-5,368	1,978	0,589	-4,150	1,674	0,526	-3,130	1,554	0,571
Lw/Lśw	poniżej 80 lat			powyżej 80 lat			razem		
h-d	-	-	-	-	-	-	1,339	0,172	0,714
h _k -d	-	-	-	-	-	-	0,714	0,235	0,306
C _L -d	-	-	-	-	-	-	6,001	0,237	0,614
C _w -d	-	-	-	-	-	-	0,073	0,916	0,594

uwagę fakt, że na siedlisku boru mieszanego świeżego występują prawie wyłącznie dęby cienkie, a najgrubsze dęby skoncentrowane są na siedlisku lasu wilgotnego. Także w przypadku sosny korony drzew wyrosłych na siedliskach borów mieszanych są stosunkowo szersze niż na siedliskach grądowych. Dla mniejszych wartości pierśnic szerokości koron są prawie identyczne we wszystkich kategoriach siedliskowych, a między siedliskami BMśw i BMw/LMw nie ma znaczących różnic w szerokościach koron także przy większych pierśnicach (ryc. 3a).

Najlepsze dopasowanie szerokości koron do wielkości pierśnicy wystąpiło w przypadku dębu dla drzew na siedliskach grądowych (bez rozdziału na kategorie wiekowe; $r = 0,8640$), a w przypadku sosny na siedlisku BMśw (bez rozdziału na kategorie wiekowe; $r = 0,7556$). Zmienność wskaźników dopasowania dla wszystkich analizowanych kombinacji przedstawiona jest w tabeli 2.

Względne długości koron sosen i dębów różnią się bardzo wyraźnie między gatunkami. Różnice we względnych długościach koron sosen między siedliskami borów mieszanych są nieznaczne, natomiast sosny na siedliskach grądowych mają korony średnio o 3 m krótsze (ryc. 4) głównie dlatego, że brakuje tam zupełnie drzew o zdecydowanie długich koronach. Różnica ta jednak nie jest statystycznie istotna. Z kolei u dębów (ryc. 5) nie ma różnic we względnej długości koron między siedliskami BMw/LMw a siedliskami grądo-



— BMśw ◦ BMW/LMW + Lw/Lśw

RYC. 3. Zależności między pierśnicą a szerokością korony dla drzew na trzech kategoriach siedlisk:
a – dla sosny pospolitej, b – dla dębu szypułkowego

wymi (około 0,57), natomiast korony dębów na siedlisku BMśw są znacznie dłuższe (0,66). Różnica między średnimi (analizowanymi przy pomocy testu 't') jest statystycznie istotna przy porównaniu siedlisk BMśw i BMW/LMW ($t = 3,40$; $p = 0,0009$), jak i przy porównaniu BMśw z siedliskami grądowymi ($t = 3,44$; $p = 0,0008$). Wynika to zapewne z faktu, że znaczna część dębów na siedlisku BMśw to drzewa tworzące drugie piętro pod okapem sosen. Charakteryzują się one znacznie większą względną długością koron niż drzewa tworzące lub współtworzące drzewostan główny.

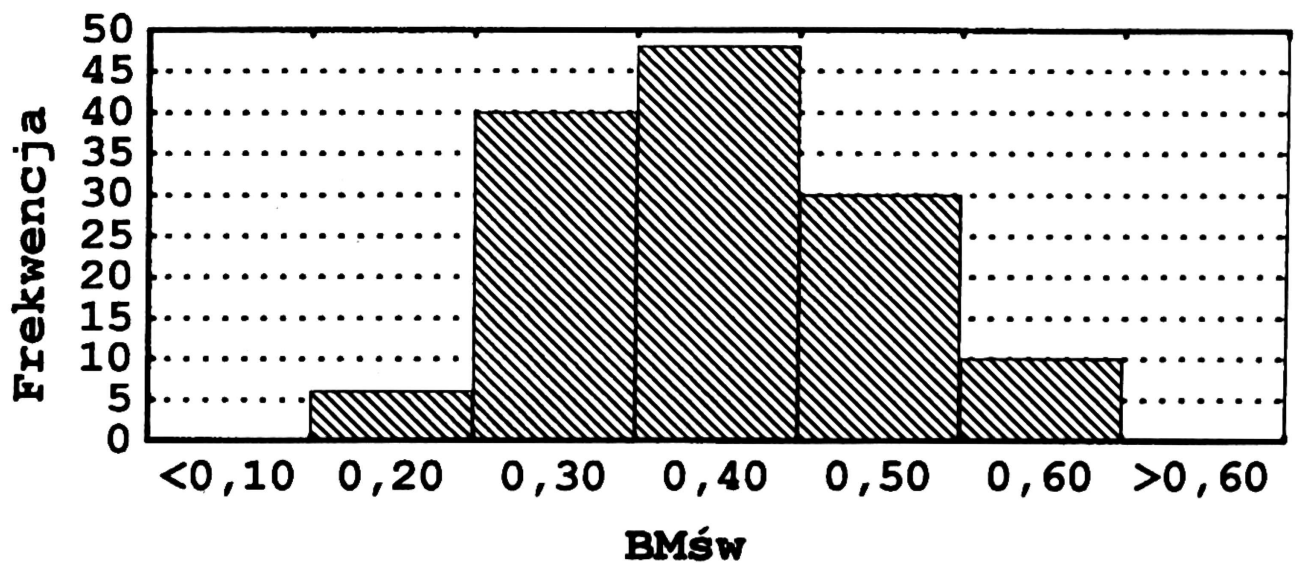
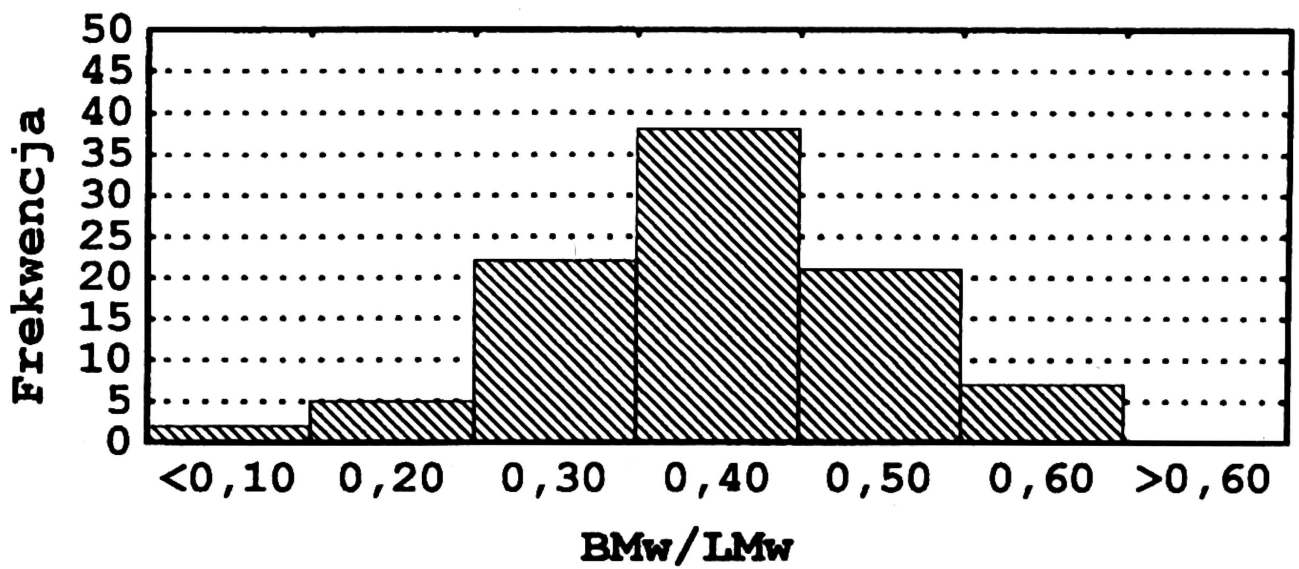
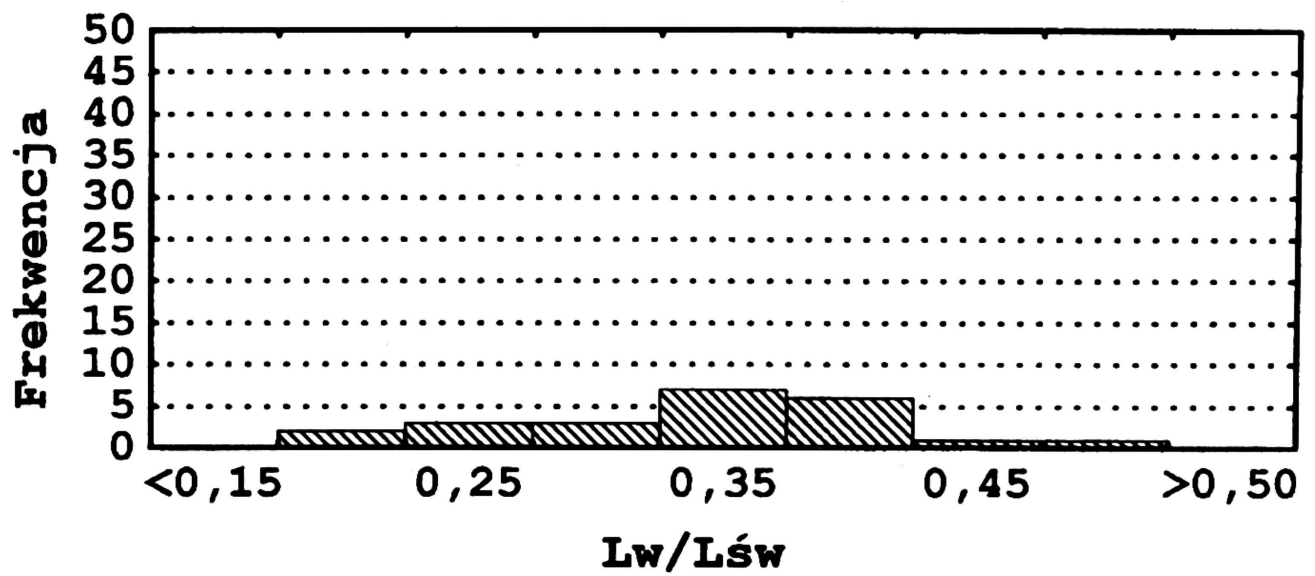
TABELA 2
Współczynniki równań (a, b) i wartość dopasowania (r) dla dębów z Puszczy Niepołomickiej

Siedlisko i relacja	Współczynniki równań i wartość dopasowania								
	a	b	r	a	b	r	a	b	r
BMśw	poniżej 50 lat			powyżej 50 lat			razem		
h-d	1,271	0,227	0,558	1,408	0,199	0,674	1,630	0,193	0,735
h _k -d	2,305	0,473	0,238	0,702	0,533	0,104	1,957	0,487	0,261
C _L -d	3,034	0,177	0,681	2,349	0,235	0,470	3,006	0,181	0,704
C _w -d	-3,332	2,476	0,753	1,368	1,215	0,525	-0,865	1,745	0,709
BMw/LMw	poniżej 50 lat			powyżej 50 lat			razem		
h-d	2,084	0,166	0,855	1,970	0,165	0,909	2,060	0,163	0,921
h _k -d	2,432	0,345	0,458	3,312	0,283	0,576	3,224	0,287	0,604
C _L -d	4,332	0,141	0,758	3,017	0,203	0,800	3,339	0,194	0,833
C _w -d	-3,705	2,425	0,768	-0,417	1,549	0,839	-1,063	1,687	0,833
Lw/Lśw	poniżej 80 lat			powyżej 80 lat			razem		
h-d	1,489	0,167	0,817	1,725	0,162	0,448	1,532	0,165	0,773
h _k -d	0,977	0,297	0,275	-0,301	0,331	0,031	0,632	0,310	0,177
C _L -d	3,358	0,194	0,763	4,346	0,171	0,534	3,744	0,182	0,767
C _w -d	-4,721	2,099	0,840	-2,355	1,851	0,668	-5,065	2,191	0,864

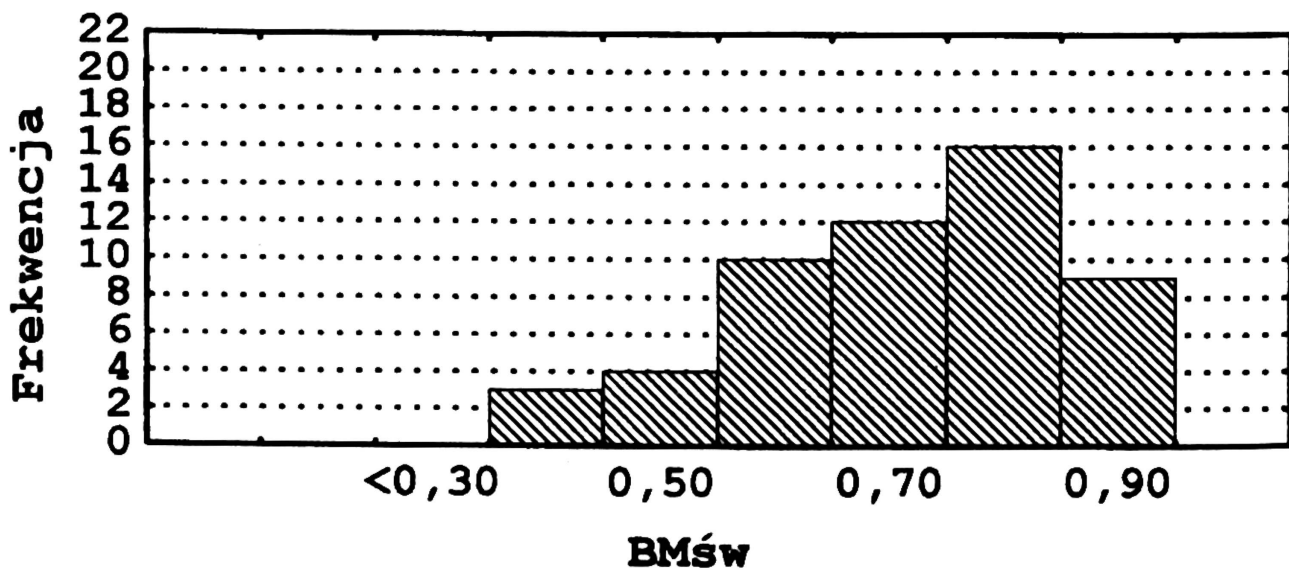
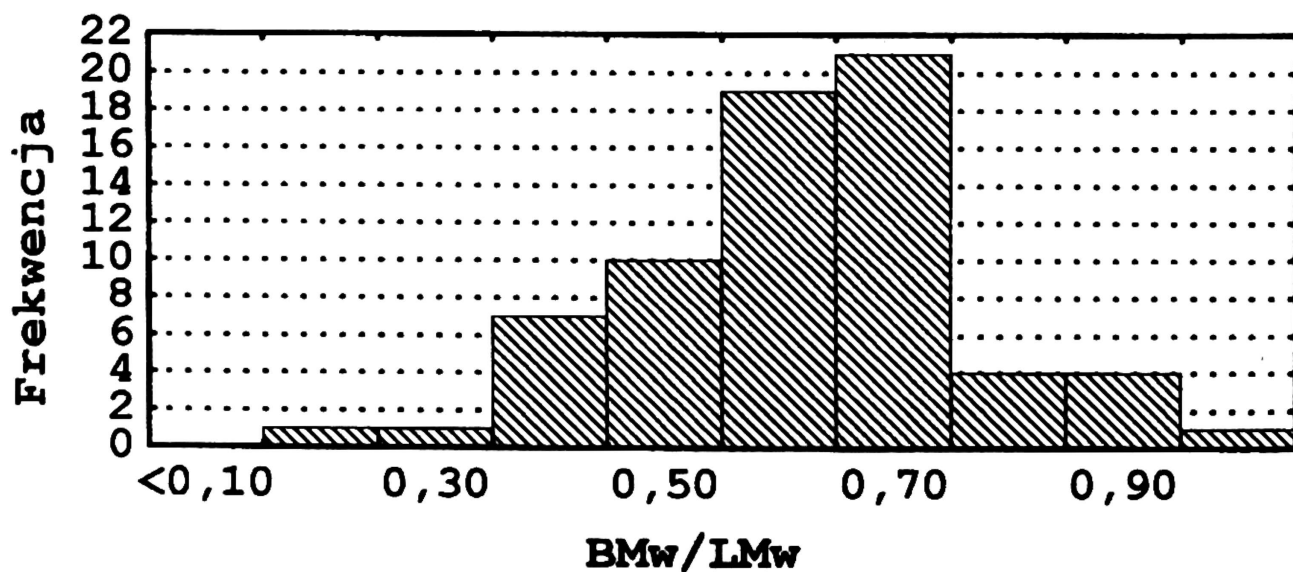
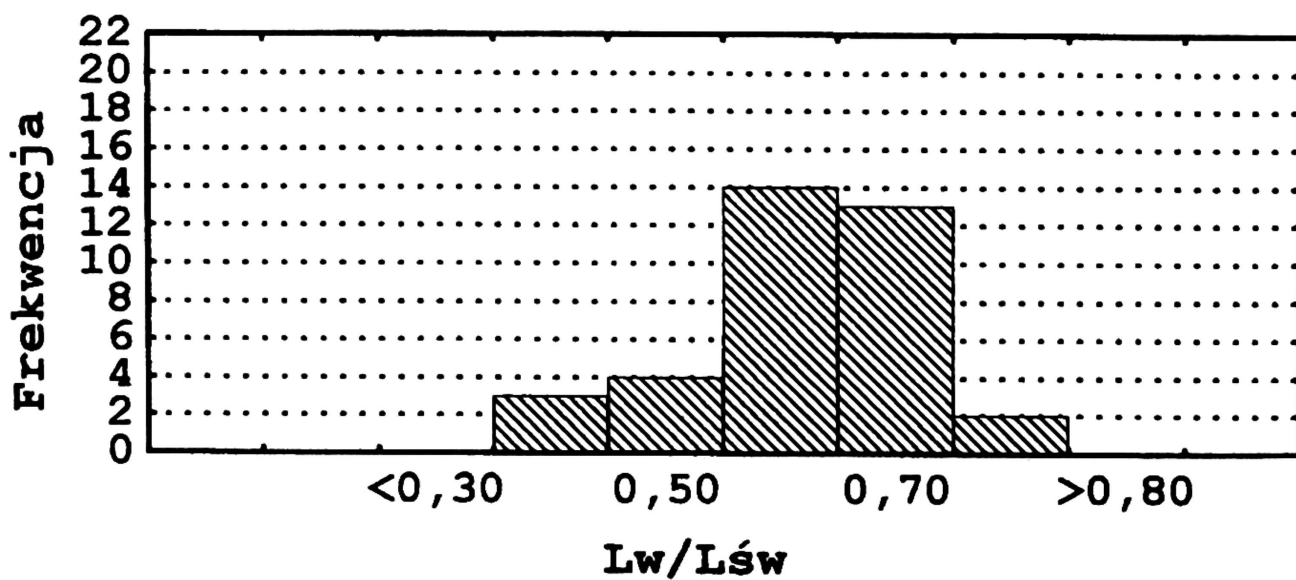
Dyskusja

Relacje allometryczne u dwóch analizowanych gatunków wyraźnie różnią się między siedliskami; związek pierśnicy z wysokością drzewa, długością i szerokością korony różni się nie tylko między gatunkami [Bolibok, Brzeziecki 2000], ale także między różnymi siedliskami dla drzew tego samego gatunku. Fakt, że warunki siedliskowe wpływają w znacznym stopniu na tempo wzrostu drzew oraz na maksymalne rozmiary osiągnięte przez dany gatunek był znany od dawna [Assman 1968, Faliński 1986, Kramer i in. 1988]. Wyniki niniejszej pracy wskazują jednak, że lokalne warunki siedliskowe wpływają także na proporcje między poszczególnymi wymiarami drzewa.

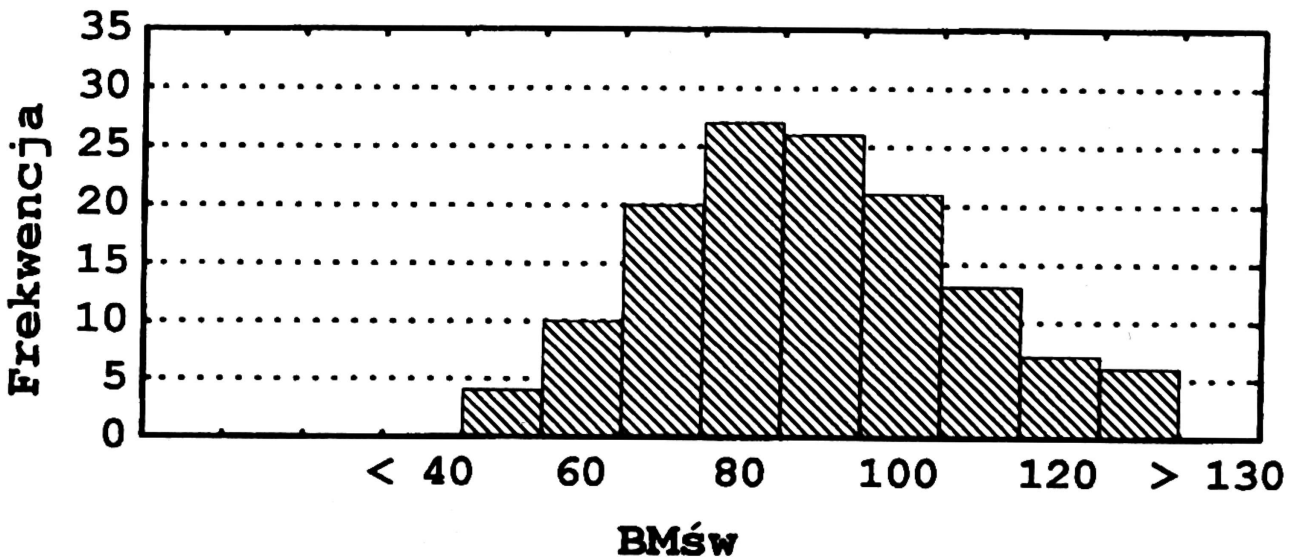
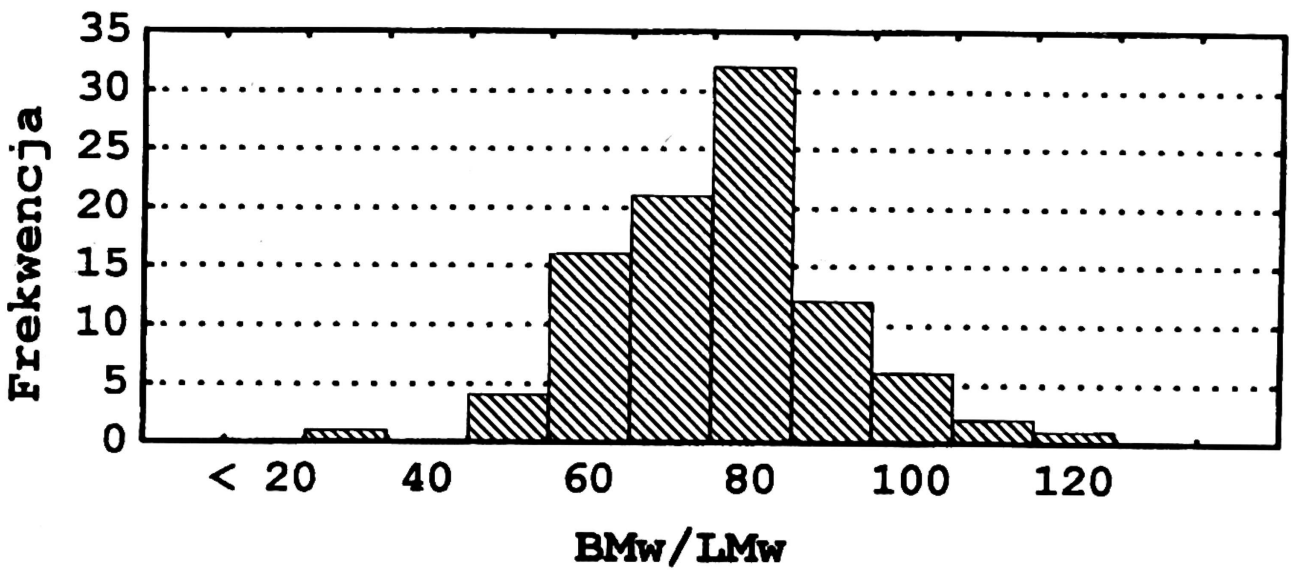
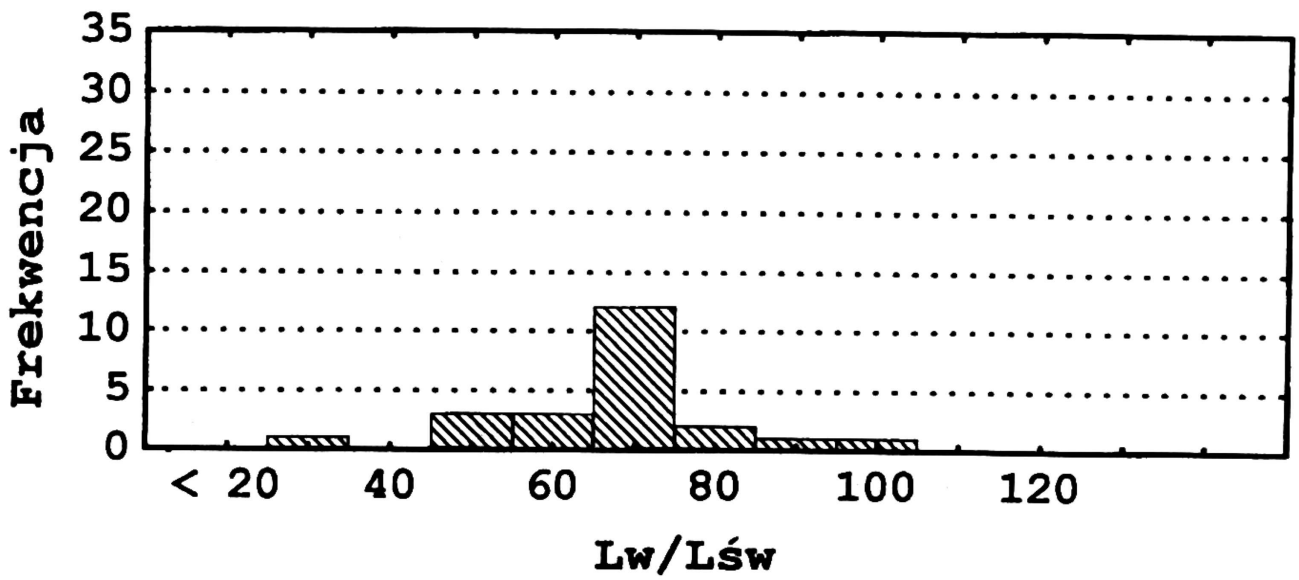
Zjawisko to może mieć szczególne znaczenie dla wzajemnych relacji między gatunkami w drzewostanach mieszanych. Los sosen w jednowiekowych drzewostanach na siedlisku lasu wilgotnego jest praktycznie przesądzony, a ich wyeliminowanie przez dęby czy inne gatunki liściaste jest jedynie kwestią czasu. Wynika to z faktu, że na siedliskach grądowych dęby osiągają większe wysokości niż sosny. Pod tym względem wyniki niniejszej pracy zgadzają się z wynikami wcześniejszej o 30 lat pracy Dziewolskiego (1974). Przewaga wzrostowa dębów w połączeniu z ich przewagą w konkurencji o światło [Jaworski 1995]



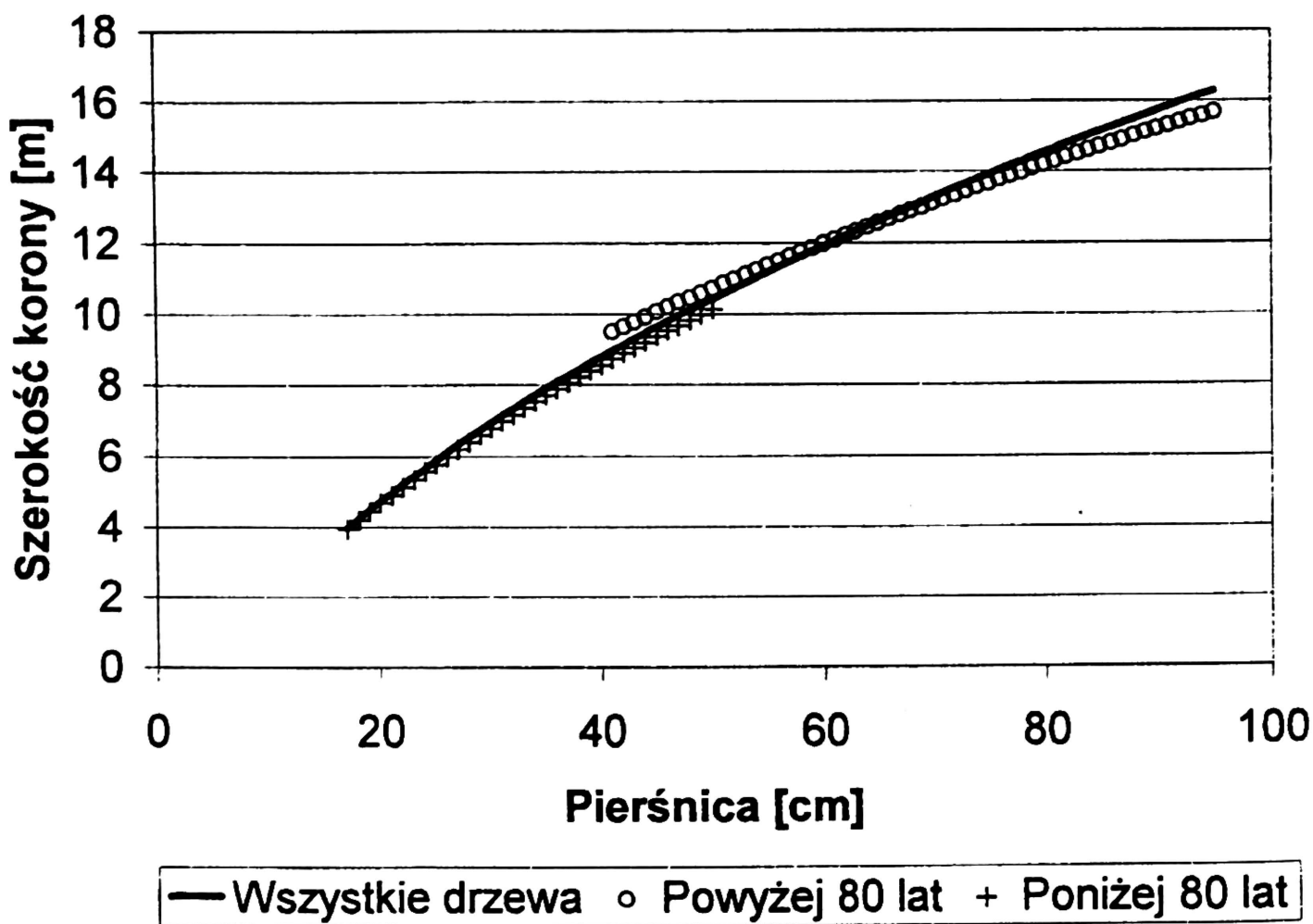
RYC. 4. Względne długości koron sosen na różnych siedliskach



RYC. 5. Względne długości koron dębów na różnych siedliskach



RYC. 6. Współczynniki smukłości dla sosen na różnych typach siedliskowych

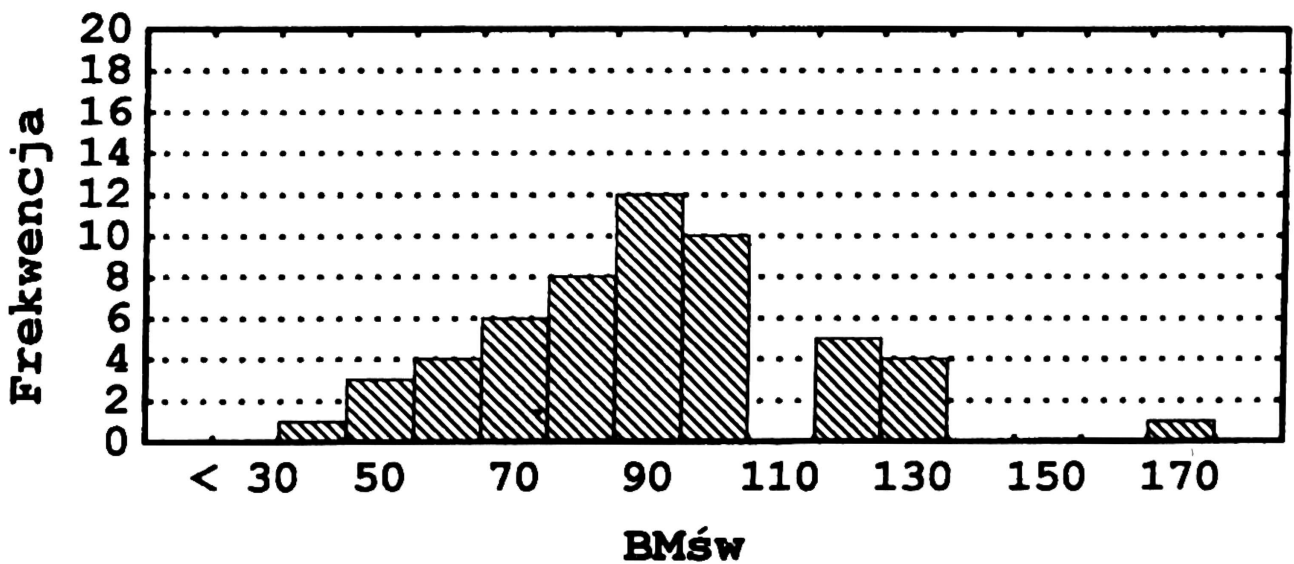
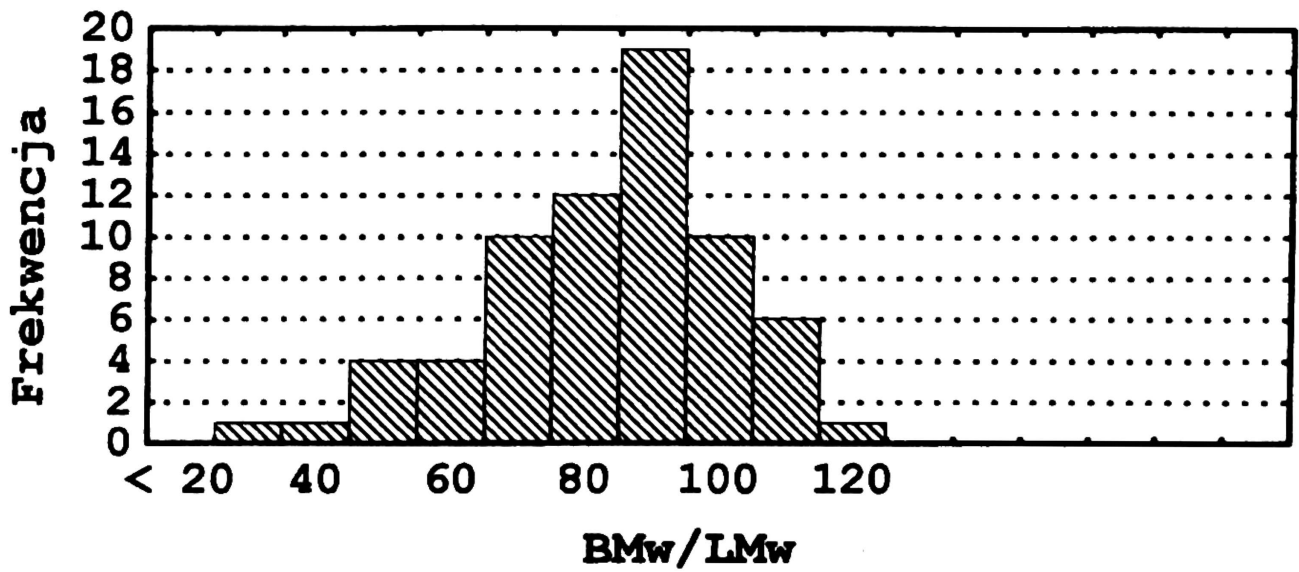
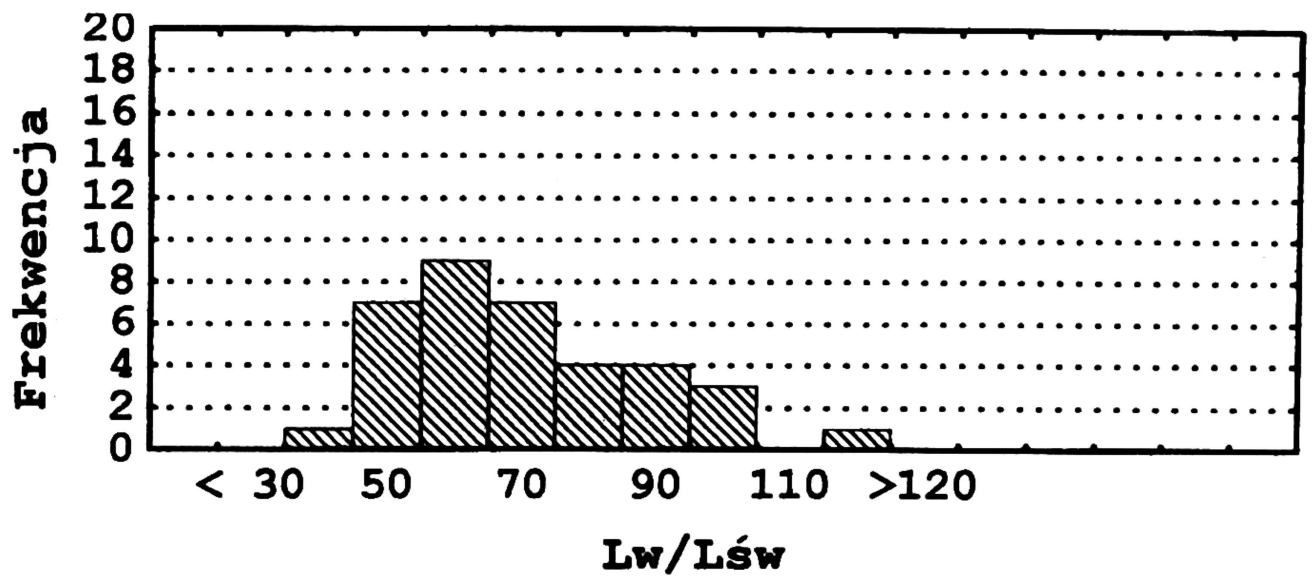


RYC. 7. Zależności między pierśnicą a szerokością korony dla różnych kategorii wiekowych u dębu z siedlisk grądowych

nie daje sosnom szans na utrzymanie się w drzewostanie przez dłuższy czas. Siedliska borów mieszanych wilgotnych i borów mieszanych świeżych stwarzają natomiast możliwości wykształcenia drzewostanów dwupiętrowych sosnowo-dębowych, nawet w przypadku braku różnic wiekowych między tymi gatunkami [Oliver, Larson 1996]; dzieje się tak dlatego, że sosny na tych siedliskach osiągają znacznie większe wysokości niż dęby, a ich przewaga wysokościowa nad dębami utrzymuje się także w starszym wieku.

Różnice w architekturze drzew między siedliskami wskazują na różne mechanizmy kształtujące proporcje drzew w różnych warunkach siedliskowych. U sosny wysokość drzew wydaje się zależeć przede wszystkim od warunków wilgotnościowych. Sugeruje to, że zróżnicowanie bonitacji w przypadku sosny odzwierciedla głównie zasobność gleb w wodę. W przypadku dębu czynnikiem decydującym zarówno o tempie wzrostu, jak i o osiągniętych rozmiarach wydają się być przede wszystkim warunki troficzne siedliska, natomiast uwilgotnienie gleby odgrywa mniejszą rolę.

Interesującym zjawiskiem jest stosunkowo mały (w porównaniu z siedliskami borów mieszanych) przyrost średnicy korony, przy większych wartościach pierśnicy u sosny na siedlisku lasu wilgotnego. Na pewno występuje tutaj zjawisko ograniczenia możliwości rozrostu koron sosen przez liściasty, silniej ocieniający drzewostan grądowy. Nie wiadomo jednak, dlaczego bardzo wolnemu przyrostowi średnicy starszych sosen towarzyszy na tym



RYC. 8. Współczynniki smukłości dla dębów na różnych typach siedliskowych

siedlisku stosunkowo szybki przyrost pierśnicy. Być może rosnące w bardziej komfortowych warunkach siedliskowych sosny mogą zainwestować więcej asymilatów w rozbudowę pnia i poprawę stabilności całej struktury drzewa. Pozostaje jednak pytanie, dlaczego asymilaty te nie są raczej inwestowane w dalszy wzrost na wysokość, który w warunkach konkurencji z silnie ocieniającymi gatunkami liściastymi mógłby znacząco przedłużyć szanse trwania sosen w drzewostanie gładowym. Warto dodać, że w porównaniu z sosnami wyrosłymi na siedliskach borów mieszanych, sosny z siedlisk gładowych odznaczają się znacznie mniejszymi wartościami współczynnika smukłości (ryc. 6). Na tle danych z literatury [Rymer-Dudzińska 1992] współczynniki smukłości sosen z Puszczy Niepołomickiej są stosunkowo małe, także na siedliskach borów mieszanych.

Przypuszczenie, że starsze drzewostany dębowe Puszczy Niepołomickiej wyrosły w niezbyt dużym zwarciu [Giel i in. 2001] znajduje potwierdzenie w fakcie, że krzywe dopasowujące średnice korony do pierśnicy dla drzew młodszych (poniżej 80 lat) i dla drzew starszych (powyżej 80 lat) wyraźnie różnią się ze sobą (ryc. 7). Także porównanie smukłości drzew w Puszczy Niepołomickiej (ryc. 8) z wartościami podawanymi dla dębów w literaturze (Rymer-Dudzińska, Tomusiak 2000) wskazuje, że drzewostany na siedliskach gładowych musiały wzrastać w luźnym zwarciu. Współczynniki smukłości dębów z gładów Puszczy Niepołomickiej znajdują się w zakresie 30-90 (wartość średnia: 62), czyli znacznie poniżej średniej (81) stwierdzonej w kompleksach leśnych zachodniej Polski [Rymer-Dudzińska, Tomusiak 2000]. Jeszcze mniejsze wartości współczynnika smukłości dla dębów wynikają z danych zawartych we wcześniejszej pracy z gładów Puszczy Niepołomickiej [Dziwolski 1974], co może potwierdzać przypuszczenie o małym zwarciu drzewostanów dębowych w okresie, gdy były one jeszcze stosunkowo młode.

O ile drzewostany dębowe Puszczy Niepołomickiej wzrastały niegdyś w luźnym zwarciu, o tyle sośniny były prawdopodobnie mocno zwarte. Warto zauważyć, że dla sosen z Puszczy Niepołomickiej względna długość korony wynosi średnio około 0,33, czyli tyle, ile powinna wynosić według Czarnowskiego (1978) dla sośnin o pełnym zwarciu. Ponieważ drzewostany sosnowe Puszczy Niepołomickiej mają zwarcie znacznie poniżej wartości tablicowych [Czuraj 1990], względna długość koron sosen w tych drzewostanach pokazuje, że były one niegdyś znacznie bardziej zwarte niż obecnie. Zgadza się to z wynikami prac wykonywanych w Puszczy przed 20-30 laty, które wskazywały na bardzo intensywne wydzielanie się sosen z dojrzałych drzewostanów [Starzyk, Starzyk 1981].

Wystąpienie wyraźnych różnic w relacjach allometrycznych u drzew rosnących na różnych siedliskach wskazuje na ograniczenia możliwości oceny produktywności siedlisk na podstawie pomiaru tylko jednej zmiennej, jak to ma miejsce w przypadku klasyfikacji jakości siedlisk na podstawie wysokości drzewostanu. Ta sama wysokość na siedlisku lasu wilgotnego i boru mieszanego wilgotnego może bowiem w przypadku sosny oznaczać zupełnie różne grubości drzew i zapewne (choć nie było to przedmiotem badań w niniejszej pracy), także różną miąższość.

*Katedra Botaniki Leśnej i Ochrony Przyrody
Akademia Rolnicza
Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków
e-mail: rlszwagr@cyf-kr.edu.pl*

Literatura

- Assman E. 1968. Nauka o produktywności lasu. PWRiL, Warszawa.
- Bolibok L., Brzeziecki B. 2000. Analiza wybranych zależności allometrycznych dla głównych gatunków drzew Białowieskiego Parku Narodowego. Sylwan 144, 6: 73-81.
- Chełmicki W., Ciszewski S. 2001. Rekonstrukcja wahań zwierciadła wód podziemnych w Puszczy Niepołomickiej (1951-2000). Wydział Biologii i Nauk o Ziemi UJ, manuskrypt.
- Czarnowski M. 1978. Zarys ekologii roślin lądowych. PWRiL, Warszawa.
- Czuraj M. 1990. Tablice zasobności i przyrostu drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Dziewolski J. 1974. Standing crop, increment and structure of the stand in oak-lime-hornbeam forest, *Tilio-Carpinetum* (International Biological Programme area). Studia Naturae, seria A, nr 9: 7-28.
- Faliński J. B. 1986. Vegetation dynamics in temperate lowland primeval forest. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht.
- Giel M., Glapa M., Szewczyk J., Schwagrzyk J. 2001. Analiza porównawcza pokroju drzew kilku wybranych gatunków występujących w Białowieskim Parku Narodowym i w Puszczy Niepołomickiej. Sylwan 145, 7: 31-42.
- Grodziński W., Weiner J., Maycock P. 1984. Forest Ecosystems in Industrial Regions. Springer Verlag, Heidelberg.
- Hasenauer H., Monserud R. A. 1996. A crown ratio model for Austrian forests. Forest Ecology and Management 84: 49-60.
- Ishii H., Reynolds J. H., Ford E. D., Shaw D. C. 2000. Height growth and vertical development of an old-growth Pseudotsuga-Tsuga forest in southwestern Washington State, USA. Can. J. For. Res. 30: 17-24.
- Jaworski A. 1995. Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Gutenberg, Kraków.
- Kliczkowska A., Bruchwald A. 2000. Kształtowanie się bonitacji drzewostanów świerkowych w terenach górskich. Sylwan 144, 9: 5-15.
- Kohyama T., Hara T., Tadaki Y. 1990. Patterns of trunk diameter, tree height and crown depth in crowded Abies stands. Annals of Botany 65: 567-574.
- Kramer H., Gusone H.-A., Schober R. 1988. Waldwachstumlehre. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin.
- Król A., Gomułka S., Gorgul E., Kulesz T., Mikrut K., Widz S., Zięba S. 1997. Lasy i gospodarka leśna RDLP w Krakowie. Fundacja dla UJ, Kraków.
- Oliver C. D., Larson B. C., 1996. Forest stand dynamics. John Wiley and Sons, New York.
- Orzeł S., Socha J. 1999. Smukłość świerka w sześćdziesięcioletnich drzewostanach Beskidów Zachodnich. Sylwan 143, 4: 35-43.
- Przybylski T. 1993. Ekologia. Str. 255-281 (w): Białobok S., Boratyński A., Bugała W. (Red.) Biologia sosny zwyczajnej. Sorus, Poznań.
- Różański W., Kutyna J. 2001. Zmiany zbiorowisk Puszczy Niepołomickiej w latach 1970-2000. Materiały sesji i sympozjów 52 Zjazdu PTB, Poznań, str. 112.
- Rymer-Dudzińska T. 1992. Smukłość drzew w drzewostanach sosnowych. Sylwan 136, 11: 35-44.
- Rymer-Dudzińska T., Tomusiak R. 2000. Porównanie smukłości drzewostanów bukowych i dębowych. Sylwan 144, 9: 45-52.
- Schmidt-Vogt H. 1986. Die Fichte. II. 1. Wachstum, Züchtung, Boden, Umwelt, Holz. Paul Parey, Hamburg-Berlin.
- Socha J. 1998. Zależność bonitacji drzewostanów świerkowych od wysokości położenia nad poziomem morza. Sylwan 142, 9: 25-32.

- Starzyk J., Starzyk K.**, 1981. Owady kambiofagiczne, kambio-ksylofagiczne i ksylofagiczne w drzewostanach Puszczy Niepołomickiej, str. 255-291 (w): Kleczkowski A. (Red.) Wartości środowiska przyrodniczego Puszczy Niepołomickiej i zagadnienia jej ochrony. Studia ODF, t. IX, Wydawnictwo PAN, Kraków.
- Suliński J.** 1981. Zarys klimatu, rzeźby terenu i stosunki wodne w Puszczy Niepołomickiej, str. 25-69 (w): Kleczkowski A. (Red.) Wartości środowiska przyrodniczego Puszczy Niepołomickiej i zagadnienia jej ochrony. Studia ODF, t. IX, Wydawnictwo PAN, Kraków.
- Wanic T., Lasota J.** 2000. Opis i klasyfikacja gleb na zróżnicowanych siedliskach Puszczy Niepołomickiej. Katedra Gleboznawstwa Leśnego AR Kraków, manuskrypt.
- Weiner J., Grodzińska K., Szwagrzyk J.** 2000. 50 lat Puszczy Niepołomickiej: badania zmienności w czasie i w przestrzeni. Toruńskie Seminarium Ekologiczne "Zmiany a zmienność". Instytut Ekologii i Ochrony Środowiska UMK, Toruń.

Summary

Influence of site fertility and moisture on the growth and architecture of pine and oak in the Niepołomice Forest

This work analyses allometric relationships in Scot pine and pedunculate oak growing in various habitat conditions in the Niepołomice Forest, southern Poland. Data were collected in 25 circular plots of 13 m radius, evenly dispersed in mature stands throughout the Forest. In each plot tree parameters (DBH, tree height, height of the crown basis, crown width) were measured, and increment cores were taken at the height of 1.3 m above the ground from all pines and oaks growing within the study plots. Plots were classified into habitat types on the basis of soil characteristics, water table level and forest floor vegetation. Three main habitat types were distinguished: fresh mixed pine forest, moist mixed pine forest, and deciduous forest. In each habitat types trees were also divided – on the basis of their exact DBH age – into broad age classes. In total, 252 pines and 158 oaks were analyzed.

Allometric relationships varied both among tree species and habitats. Relatively the tallest oaks (over 33 m tall) grew in deciduous forest habitats. Among Scots pines the tallest trees (exceeding the height of 32 m) occurred in moist mixed pine forest site. For pedunculate oak, older trees, growing in deciduous forests had relatively broader crowns than the younger trees; no such difference was ascertained for Scots pines. Oaks growing in fresh mixed pine forest habitats occurred usually below the main canopy, forming an understory. They were relatively short, had relatively broad and very long crowns. All the other analyzed pines and oaks were trees from the main canopy layer.

The most striking result of this study was that the height of Scots pine was strongly related to the site moisture, but not very much so to the soil fertility. On the contrary, height of oaks was strongly related to the site fertility, but not to the moisture. Relatively low values of the index of slenderness, especially in oak, confirm the observations that density of tree stands in the Niepołomice Forest is now rather low. However, the values of relative crown length in Scots pine suggest, that stand densities in the past must had been much higher than now. On the other hand, relatively long crowns in oaks along with low values of the index of slenderness indicate, that the oak stands in Niepołomice Forest have never been very dense and were probably established in semi-open conditions.