

BOGDAN BRZEZIECKI, JACEK ZAJĄCZKOWSKI, ADAM OLSZEWSKI, LESZEK BOLIBOK, TADEUSZ ANDRZEJCZYK, KAMIL BIELAK, WŁODZIMIERZ BURACZYK, STANISŁAW DROZDOWSKI, LESZEK GAWRON, SZYMON JASTRZĘBOWSKI, HENRYK SZELIGOWSKI, HENRYK ŻYBURA

Struktura i dynamika wielogeneracyjnych starodrzewów sosnowych występujących w obszarach ochrony ścisłej Kaliszki i Sieraków w Kampinoskim Parku Narodowym. Część 1. Zróżnicowanie gatunkowe, zagęszczenie i pierśnicowe pole przekroju

Structure and dynamics of uneven-aged Scots pine-dominated old-growth stands in Kaliszki and Sieraków strict protection areas in the Kampinos National Park. Part 1. Species composition, tree density and basal area

ABSTRACT

Brzeziecki B., Zajączkowski J., Olszewski A., Bolibok L., Andrzejczyk T., Bielak K., Buraczyk W., Drozdowski S., Gawron L., Jastrzębowski S., Szeligowski H., Żybura H. 2020. Struktura i dynamika wielogeneracyjnych starodrzewów sosnowych występujących w obszarach ochrony ścisłej Kaliszki i Sieraków w Kampinoskim Parku Narodowym. Część 1. Zróżnicowanie gatunkowe, zagęszczenie i pierśnicowe pole przekroju. Sylwan 164 (5): 392-403. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2020057>.

The paper describes changes, which took place over the last 30 years in old-growth forest stands occupying two permanent research plots, established in the Kaliszki and Sieraków strict protection areas in the Kampinos National Park (central Poland). Both plots have a form of ecological transects. The Kaliszki plot is 20 m wide and 700 m long (1.40 ha), while the Sieraków plot (total area of 2.56 ha) consists of two parts: main (40×460 m) and side (40×180 m) transect. In the Kaliszki plot, the stand measurements were conducted in 1993, 2007, and 2017, while in the Sieraków plot – in 1989, 1994, 2006, and 2017. For every tree with breast height diameter (DBH) ≥5 cm, species identity, DBH and spatial coordinates were determined. Starting from the second census, all trees which had died ('losses'), as well as trees which exceeded the DBH threshold ('gains') since the previous record were noted, as well. The major tree species occurring on sample plots are Scots pine (*Pinus sylvestris*), pedunculate oak (*Quercus robur*), silver and downy birch (*Betula* sp.), and black alder (*Alnus glutinosa*). During the study period, the overall tree density declined by ca. 50%. The diminishing trends occurred for all dominant tree species. In contrast to major, dominant tree species, the demographic status of a group of minor tree species (lime, hornbeam and maple) was much more stable. One may even speak about some expansion in this case. Particularly, hornbeam density increased rapidly in the period 2006-2017 in some areas of the main transect located in the Sieraków plot. The future studies will show if this tendency will be maintained and will include other regions of sample plots. Assuming a lack of significant disturbances, one may expect that the stands growing on research plots will rather slowly change in the nearest future. Most dynamics will have a quantitative and not qualitative character. One may anticipate, for example, a growing role of pedunculate oak at the expense of Scots pine, however, considering that the two species are rather long-living, they will probably for a long time keep their dominant roles in the stand canopies.

KEY WORDS

forest dynamics, long-term research, old-growth forest, permanent study plot, strict protection, tree species composition

ADDRESSES

Bogdan Brzeziecki ⁽¹⁾ – e-mail: bogdan.brzeziecki@wl.sggw.pl

Jacek Zajączkowski ⁽¹⁾, Adam Olszewski ⁽²⁾, Leszek Bolibok ⁽¹⁾, Tadeusz Andrzejczyk ⁽¹⁾, Kamil Bielak ⁽¹⁾, Włodzimierz Buraczyk ⁽¹⁾, Stanisław Drozdowski ⁽¹⁾, Leszek Gawron ⁽¹⁾, Szymon Jastrzębowski ⁽³⁾, Henryk Szeligowski ⁽¹⁾, Henryk Żybura ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Katedra Hodowli Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

⁽²⁾ Kampinoski Park Narodowy; ul. Tetmajera 38, 05-080 Izabelin

⁽³⁾ Zakład Hodowli Lasu i Genetyki Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Wstęp

Wieloletnie badania dynamiki drzewostanów w obiektach leśnych objętych ochroną ścisłą w oparciu o stałe powierzchnie badawcze są stosunkowo nieliczne, nie tylko w naszym kraju, ale i na świecie [Woods 2000a, b, 2007; Rees i in. 2001; Mori i in. 2007; Johnson, Miyanishi 2008; Chiarucci i in. 2010], mimo iż powszechnie docenia się znaczenie takich obiektów i prowadzonych w nich obserwacji jako ważnego źródła informacji, zarówno z punktu widzenia doskonalenia zasad prowadzenia nowoczesnej, wielofunkcyjnej gospodarki leśnej, jak i rozwoju współczesnych koncepcji ochrony przyrody w lasach [Leibundgut 1959; Bernadzki 1996; Lähde i in. 1999; Brang 2005; Schütz i in. 2016; Brzeziecki i in. 2017, 2018b].

W Polsce i w Europie do najbardziej znanych, a przy tym obejmujących najdłuższe okresy obserwacji należą badania w Białowieckim Parku Narodowym (PN), zapoczątkowane w 1936 roku przez prof. Tadeusza Włoczewskiego [Włoczewski 1954; Bernadzki i in. 1998; Brzeziecki i in. 2012, 2016, 2017, 2018a, b, 2020]. W latach 80. ubiegłego wieku, z inicjatywy prof. Eugeniusza Bernadzkiego, ówczesnego kierownika Katedry Hodowli Lasu SGGW, rozpoczęto podobne badania nad wieloletnią dynamiką wielogeneracyjnych starodrzewów sosnowych w dwóch obszarach ochrony ścisłej – Kaliszki i Sieraków – w Kampinoskim PN, kontynuowane przez prof. Stefana Tarasiuka. Badania te prowadzone są do dzisiaj, w oparciu o dwie stałe powierzchnie badawcze mające formę transektów ekologicznych wzorowanych na powierzchniach w Białowieckim PN. Ostatni jak dotąd pomiar kontrolny drzewostanów został przeprowadzony w 2017 roku (po zakończeniu sezonu wegetacyjnego), odpowiednio po 10 oraz po 11 latach od poprzednich pomiarów. Dzięki temu długość serii obserwacyjnej została wydłużona do 24 lat w przypadku powierzchni Kaliszki oraz do 28 lat dla powierzchni Sieraków.

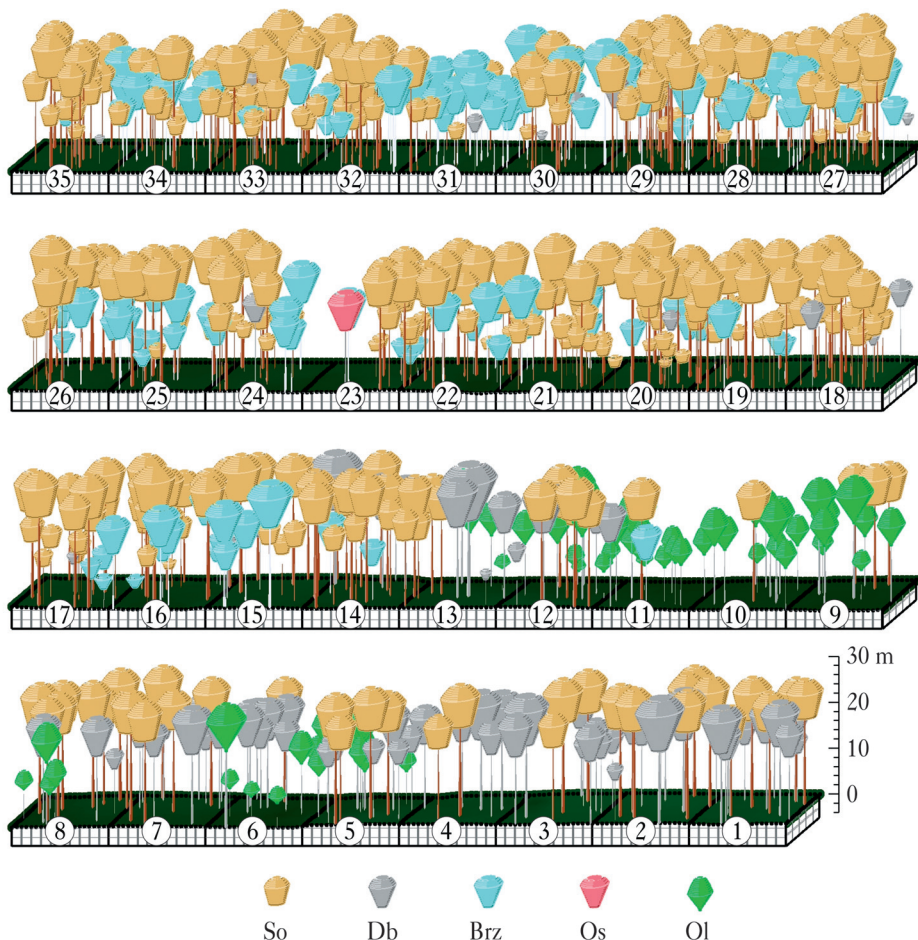
Początkowo głównymi celami, które przyświecały badaniom w Obszarze Ochrony Ścisłej (OOŚ) Kaliszki, było poznanie okresu odnowienia i struktury wielogeneracyjnych drzewostanów sosnowych [Tarasiuk, Zwieniecki 1990; Zwieniecki, Tarasiuk 1993]. Powierzchnia w OOŚ Sieraków miała natomiast udokumentować rozwój młodej generacji sosny pod starodrzewem przerzedzonym w wyniku rabunkowych cięć w okresie II wojny światowej. Z czasem zakres tematyki badawczej systematycznie rozszerzano [Szmyt, Tarasiuk 2018].

Celem pracy jest opis najważniejszych zmian, które miały miejsce na obu powierzchniach w dotychczasowym, blisko 30-letnim okresie badań, z uwzględnieniem podstawowych cech drzewostanów, takich jak zagęszczenie i pierśnicowe pole przekroju drzew. Szczegółowa analiza pro-

cesów wydzielania i dorastania oraz wpływu tych dwóch zjawisk na strukturę grubości drzew poszczególnych gatunków jest przedmiotem odrębnego opracowania.

Teren badań

OOS Kaliszki powstał w 1977 roku i jest położony w północno-wschodniej części Kampinoskiego PN. Znajdująca się tutaj powierzchnia badawcza usytuowana jest równoleżnikowo i przebiega równolegle (w odległości około 20 m) do linii ostępowej biegnącej brukowaną drogą leśną. Ma ona formę pasa o szerokości 20 m i długości 700 m i jest podzielona na 35 działek o wymiarach 20×20 m (ryc. 1). Skrajna część powierzchni (działki 1 i 2) od strony wschodniej położona jest najwyżej. Następnie teren nieznacznie się obniża ku zachodowi, przy zróżnicowanej mikrorzeźbie [Kucaba 1990]. Wiek drzew tworzących górne piętro badanych drzewostanów w 2017 roku wynosił około 160-170 lat.



Ryc. 1.

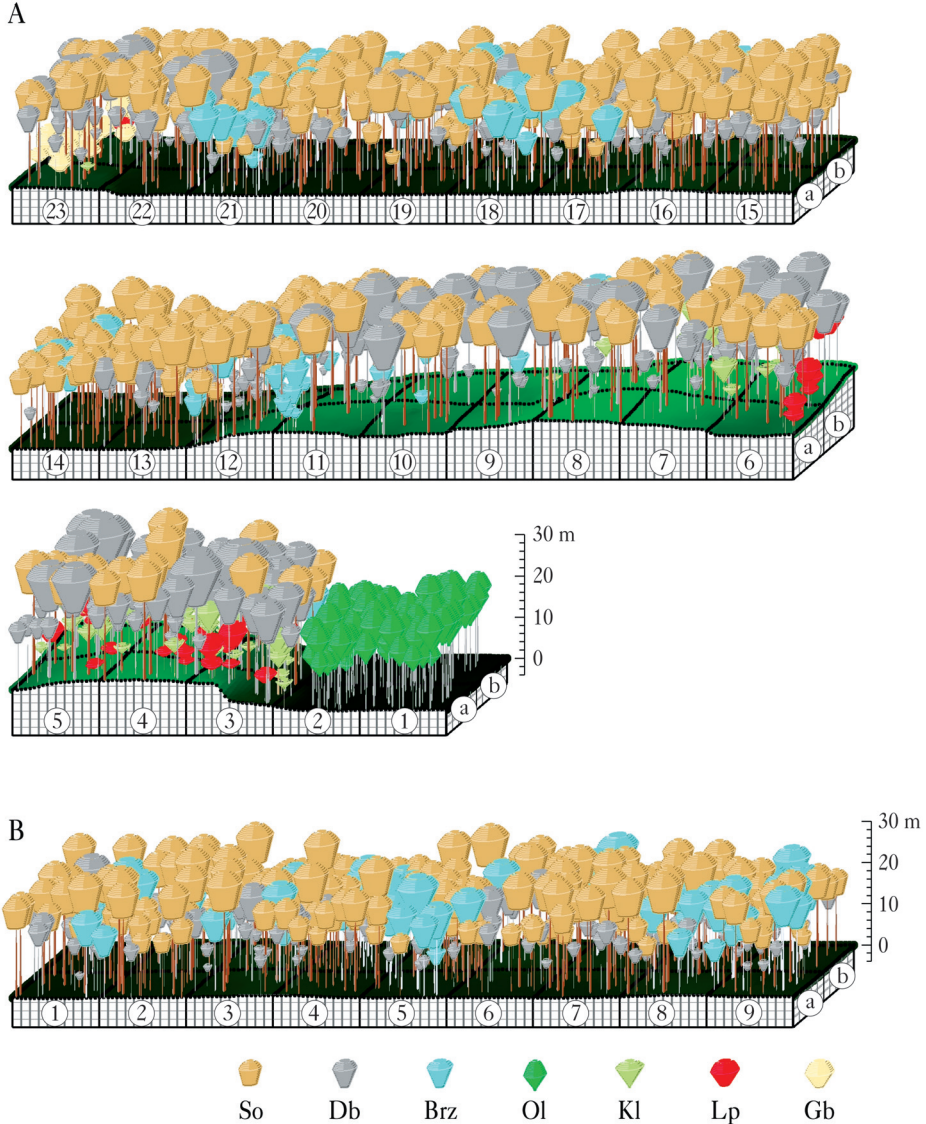
Zróżnicowanie składu gatunkowego i budowy drzewostanów występujących na powierzchni Kaliszki w 2017 roku

Compositional and structural variation of tree stands occurring on Kaliszki plot in 2017

1-35 – numery działek badawczych o wymiarach 20×20 m; wizualizacja uwzględnia tylko drzewa żywe

1-35 – numbers of parcels 20×20 m; only live trees are presented; So – pine, Db – oak, Brz – birch, Os – aspen, Ol – alder

OOŚ Sieraków powstał jako rezerwat o tej samej nazwie w 1937 roku. Położony jest we wschodniej części Puszczy Kampinoskiej, w pobliżu Łomianek. Powierzchnia badawcza leży w tzw. Kącie Góry i składa się z dwóch pasów o szerokości 40 m (ryc. 2). Główny pas (460 m) składa się z 23 podwójnych działek (a i b) o wymiarach 20×20 m. Pas ten przebiega z kierunku południowo-wschodniego ku północnemu zachodowi. Drugi boczny pas ma taką samą szerokość, natomiast



Ryc. 2.

Zróżnicowanie składu gatunkowego i budowy drzewostanów występujących na powierzchni Sieraków w 2017 roku na transekcie głównym (A) i bocznym (B)

Compositional and structural variation of tree stands occurring on Sieraków plot in 2017 on main (A) and side (B) transects

1a-23b – numery działek badawczych o wymiarach 20×20 m; wizualizacja uwzględnia tylko drzewa żywe

1a-23b – numbers of parcels 20×20 m; only live trees are presented; So – pine, Db – oak, Brz – birch, Ol – alder, Kl – maple, Lp – lime, Gb – hornbeam

jego długość wynosi 180 m: 9 podwójnych działek (a i b) o wymiarach 20×20 m. Odchodzi on prostopadle do transektu pierwszego, na wysokości 18 działki, w kierunku południowo-zachodnim. Oba pasy różnią się pod względem morfologii terenu [Kucaba 1990]. Bardziej zróżnicowany jest pod tym względem transekt główny, który rozpoczyna się w obniżeniu zajęтым przez ols (działki 1-2), następnie przecina wał wydmy (działki 3-5: stromy stok zawietrzny i grzbiet wydmy, działki 6-12: stok dowietrzny wydmy), a dalej przebiega przez lekko pofalowane obniżenie śródwymowe (działki 13-22) i kończy się niedużym wzniesieniem wydmy o wysokości względnej około 3 m (ryc. 2A). Natomiast transekt boczny położony jest w całości na płaskim obniżeniu śródwymowym (ryc. 2B).

Zarówno na powierzchni Kaliszki, jak i Sieraków dominującymi typami gleb są gleby rdzawe bielcowane (występujące na wywyższeniach) oraz gleby glejo-bielcowe murszaste (występujące we fragmentach położonych niżej) [Kucaba 1990].

Materiał i metody

PRACE TERENOWE. Podstawowy zakres badań drzewostanowych wykonywanych na stałych powierzchniach w Kampinoskim PN obejmował dla wszystkich drzew o pierśnicy ≥ 5 cm określenie gatunku, mierzenie pierśnicy w dwóch kierunkach, pomiar współrzędnych przestrzennych, określenie klasy biosocjalnej oraz oszacowanie stanu zdrowotnego. Pomiar pierśnicy wykonywany był w dwóch prostopadłych kierunkach, z dokładnością do 1 mm, a miejsca pomiaru oznaczone były w sposób trwały na korze drzew. Ponadto począwszy od drugiego terminu pomiaru notowane były wszystkie wypadki, tj. drzewa, które zamarły w okresie od ostatniego pomiaru, oraz dorosty, czyli drzewa, które w danym terminie pomiarowym przekroczyły po raz pierwszy graniczną wartość pierśnicy równą 5 cm. Na powierzchni Kaliszki wykonano 3 pomiary kontrolne drzewostanów: w latach 1993, 2007 i 2017, a na powierzchni Sieraków – 4: w latach 1989, 1994, 2006 i 2017.

PRACE KAMERALNE. W ramach prac kameralnych wykonano najpierw komputerową wizualizację drzewostanów występujących na powierzchniach badawczych (uwzględniono drzewa żywe w momencie wykonania ostatniego pomiaru kontrolnego). Przy obliczaniu wysokości i rozmiarów koron drzew wykorzystano zależności o charakterze allometrycznym, sparometryzowane na podstawie danych pochodzących z wcześniejszych badań.

Następnie obliczono zagęszczenie oraz pierśnicowe pole przekroju poszczególnych gatunków drzew występujących na powierzchniach badawczych w przeliczeniu na 1 ha i przeanalizowano zmiany tych dwóch parametrów demograficznych w okresie objętym badaniami. Dla każdego gatunku drzewa oraz ogółem policzono także względne wskaźniki zmian [%/rok] zagęszczenia i pierśnicowego pola przekroju [Mori i in. 2007]:

$$\lambda_n = \frac{(\ln n_t - \ln n_0)}{t} \cdot 100$$

oraz

$$\lambda_b = \frac{(\ln b_t - \ln b_0)}{t} \cdot 100$$

gdzie:

n_0 i b_0 – odpowiednio zagęszczenie i pierśnicowe pole przekroju drzew danego gatunku na początku okresu pomiarowego,

n_t i b_t – odpowiednio zagęszczenie i pierśnicowe pole przekroju drzew danego gatunku na końcu okresu pomiarowego,

t – długość okresu pomiarowego.

Wyniki

ZRÓŻNICOWANIE GATUNKOWE I STRUKTURALNE DRZEWOSTANÓW WYSTĘPUJĄCYCH NA POWIERZCHNIACH BADAWCZYCH. Na powierzchni Kaliszki, charakteryzującej się stosunkowo małym zróżnicowaniem rzeźby terenu, sosna była obecna praktycznie na każdej działce badawczej (ryc. 1). Dąb występował głównie w początkowej części transektu (działki 1-8), brzoza z kolei odgrywała największą rolę na działkach od 14 do 35. Olsza pojawiła się w większej liczbie w dwóch fragmentach powierzchni badawczej (działki 5-6 oraz 8-13). Pod względem zróżnicowania wysokościowego drzew powierzchnia ta była stosunkowo niejednorodna. Podczas gdy na działkach od 1 do 8 budowa pionowa drzewostanu była raczej uproszczona (jednopiętrowa), to w drugiej połowie powierzchni badawczej (począwszy od działki 18) zróżnicowanie wysokościowe poszczególnych drzew było dosyć znaczne.

W porównaniu z powierzchnią Kaliszki drzewostany występujące na powierzchni Sieraków (transekt główny – ryc. 2A) były bardziej urozmaicone pod względem składu gatunkowego. Szczególnie wyraźnie odznaczały się od innych działki 1 i 2, reprezentujące zbiorowisko olsu typowego, gdzie występowała niemal wyłącznie olsza czarna. Na tle całości wyróżniały się także fragmenty drzewostanu położone na wierzchołkach wydm. Ich cechą charakterystyczną był stosunkowo duży udział dębu w górnym piętrze oraz dość liczne występowanie w warstwach podokapowych takich gatunków jak grab (działki 23a i b) oraz klon i lipa (działki 3-7). Na pozostałej części powierzchni występował drzewostan mieszany, który, podobnie jak na powierzchni Kaliszki, zbudowany był głównie z sosny w I piętrze oraz dębu i brzozy w II piętrze. Porównywalny drzewostan występował także na transekcie bocznym (ryc. 2B).

ZAGĘSZCZENIE I PIERŚNICOWE POLE PRZEKROJU. Pod względem zagęszczenia drzew (N) na obu powierzchniach największą rolę odgrywały 4 gatunki: sosna, dąb, brzoza i olsza (tab. 1). Na powierzchni Sieraków stosunkowo dużym zagęszczeniem charakteryzowały się także klon i lipa. W okresie objętym badaniami miał miejsce silny spadek zagęszczenia drzew, który objął gatunki dominujące na powierzchniach badawczych oraz osikę. Z kolei liczebność lipy i klonu występujących na powierzchni Sieraków utrzymywała się na stabilnym poziomie (a w przypadku drugiego z tych gatunków nawet lekko wzrosła). Na uwagę zasługuje także wyraźny wzrost liczebności grabu na tej powierzchni w ostatnim okresie pomiarowym. W wyniku zmniejszającego się zagęszczenia wielu gatunków sumaryczne zagęszczenie wszystkich drzew na obu powierzchniach w okresie badań spadło o około połowę.

Tak jak w przypadku zagęszczenia, również pod względem pierśnicowego pola przekroju największą rolę odgrywały 4 gatunki drzew: sosna, dąb, brzoza i olsza (tab. 1). W odróżnieniu od zagęszczenia pierśnicowe pole przekroju – tak ogółem, jak i w odniesieniu do poszczególnych gatunków drzew – było znacznie bardziej stabilne, a nawet wykazywało tendencję wzrostową, szczególnie wyraźną w przypadku powierzchni Sieraków. Największy udział w przyroście pierśnicowego pola przekroju drzewostanów miała tu sosna, w mniejszym stopniu także brzoza, olsza i klon. Pierśnicowe pole przekroju lipy (powierzchnia Sieraków) oraz dębu (obie powierzchnie) charakteryzowało się dużą stabilnością w całym okresie badań.

Wartość wskaźników opisujących zmiany zagęszczenia drzew ogółem w ujęciu względnym (λ_n) była zbliżona na obu powierzchniach badawczych i we wszystkich okresach pomiarowych (tab. 2). W okresie badań całkowite zagęszczenie drzew w badanych drzewostanach malało średnio w tempie około 2,5%/rok. Dla poszczególnych gatunków drzew zróżnicowanie analizowanych wskaźników było większe i wahało się od 0,1%/rok (lipa na transekcie głównym powierzchni

Tabela 1.

Zmiany zagęszczenia (N [szt./ha]) oraz pierśnicowego pola przekroju (BA [m²/ha]) gatunków drzew leśnych występujących na powierzchniach Kaliszki i Sieraków
Changes in population density (N [szt./ha]) and basal area (BA [m²/ha]) of tree species occurring on Kaliszki and Sieraków plots

	Kaliszki						Sieraków							
	1993		2007		2017		1989		1994		2006		2017	
	N	BA	N	BA	N	BA	N	BA	N	BA	N	BA	N	BA
So	547,9	23,44	387,1	24,69	295,0	25,48	427,0	17,60	356,6	18,79	267,6	20,61	235,9	22,95
Db	138,6	3,54	86,4	3,55	67,1	3,46	557,4	8,20	496,5	8,53	336,7	8,45	223,4	8,23
Brz	165,0	3,06	140,7	3,78	95,7	3,48	96,5	2,17	79,3	2,34	67,2	2,74	58,6	3,04
Oi	57,9	1,65	41,4	1,55	45,7	1,62	105,1	0,56	116,0	0,96	83,2	1,42	51,2	1,50
Kl	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	21,9	0,17	23,0	0,19	25,8	0,28	28,1	0,39
Lp	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	23,8	0,18	23,0	0,17	22,7	0,18	23,0	0,22
Gb	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	1,6	0,01	1,2	0,01	2,7	0,01	10,2	0,04
Os	5,0	0,06	2,9	0,06	0,7	0,04	0,8	0,00	0,8	0,00	0,4	0,00	0,0	0,00
Inne	0,0	0,00	2,1	0,01	3,6	0,02	3,5	0,02	3,5	0,02	3,5	0,03	1,2	0,02
Other														
Razem	914,4	31,75	660,6	33,64	507,8	34,10	1237,6	28,91	1099,9	31,03	809,8	33,72	631,6	36,39
In total														

oznaczenia gatunków jak na rycinach 1 i 2; species codes as in figures 1 and 2

Tabela 2.

Względne wskaźniki zmian zagęszczenia (λ_n [%/rok]) oraz pierścnicowego pola przekroju (λ_b [%/rok]) gatunków drzew leśnych występujących na powierzchniach Kaliszki i Sieraków

Relative indices of change in population density (λ_n [%/year]) and basal area (λ_b [%/year]) calculated for tree species occurring on Kaliszki and Sieraków plots

	Kaliszki				Sieraków					
	1993-2007		2007-2017		1989-1994		1994-2006		2006-2017	
	λ_n	λ_b	λ_n	λ_b	λ_n	λ_b	λ_n	λ_b	λ_n	λ_b
So	-2,5	0,4	-2,7	0,3	-3,6	1,3	-2,4	0,8	-1,1	1,0
Db	-3,4	0,0	-2,5	-0,3	-2,3	0,8	-3,2	-0,1	-3,7	-0,2
Brz	-1,1	1,5	-3,9	-0,8	-3,9	1,5	-1,4	1,3	-1,2	1,0
Ol	-2,4	-0,5	1,0	0,4	2,0	10,9	-2,8	3,3	-4,4	0,5
Kl					1,0	2,1	0,9	3,2	0,8	3,0
Lp					-0,7	-0,9	-0,1	0,3	0,2	1,7
Razem In total	-2,3	0,4	-2,6	0,1	-2,4	1,4	-2,6	0,7	-2,3	0,7

Uwzględniono gatunki, w przypadku których liczba drzew na początku danego okresu pomiarowego wynosiła co najmniej 10
Only those tree species, for which number of trees at the beginning of a given census interval was at least 10, were taken into account; species codes as in figures 1 and 2

Sieraków w okresie 1994-2006) do 4,4%/rok (olsza na transekcie głównym powierzchni Sieraków w okresie 2006-2017).

Wskaźniki opisujące zmiany pierścnicowego pola przekroju drzew ogółem w ujęciu względnym (λ_b) we wszystkich przypadkach osiągnęły wartości dodatnie. Również dla poszczególnych gatunków drzew przeważały trendy dodatnie, chociaż były też pod tym względem wyjątki (np. w przypadku dębu). Generalnie wyższe wartości wskaźników zmian pierścnicowego pola przekroju wystąpiły na powierzchni Sieraków.

Dyskusja

Drzewostany na powierzchniach Kaliszki i Sieraków składają się głównie z 4 gatunków drzew: sosny, dębu, brzozy i olszy. Ponadto na powierzchni Sieraków pewną rolę odgrywają także lipa, klon oraz grab. Największą równomiernością rozmieszczenia odznaczają się sosna zwyczajna i dąb szypułkowy.

Sosna na obu powierzchniach jest gatunkiem głównym i składa się z dwóch generacji drzew: starszej i młodszej. Wyrównana struktura wiekowa starszej generacji pozwala sądzić, że są to drzewa, które pojawiły się jednocześnie na dużej powierzchni w wyniku praktyki hodowlanej często stosowanej w drugiej połowie XIX wieku na terenie Królestwa Polskiego, polegającej na inicjowaniu podokapowego odnowienia naturalnego sosny przy zastosowaniu dwóch cięć odnowieniowych (tzw. rąb ciemny i rąb jasny) w okresie 15 lat [Broda 1988]. Młodsza generacja powstała natomiast spontanicznie, pod okapem starszej generacji, w następstwie cięć pładowniczych prowadzonych w latach 40. i 50. ubiegłego wieku. Obecnie część drzew tej populacji, rosnących w lukach drzewostanu, awansowała już do warstwy górnej, a część nadal tworzy warstwę dolną.

Dąb występuje obecnie głównie w dolnej warstwie, a w przypadku części powierzchni Kaliszki i fragmentów powierzchni Sieraków (na stokach i wierzchołkach wydm) także w górnej warstwie drzewostanu. Duże zróżnicowanie wieku i pierśnic drzew tego gatunku sugeruje, że większość z nich powstała w wyniku naturalnego odnowienia, głównie z nasion rozsiewanych przez sójkę [Olszewski 2015; Olszewski, Brzezicki 2019].

Występowanie pozostałych gatunków drzew jest ograniczone tylko do pewnych fragmentów powierzchni, co ma niewątpliwie związek z ich specyficznymi wymaganiami glebowymi. Bardzo dobrze widać to na przykładzie olszy czarnej – związanej z siedliskami bagiennymi wykształconymi na organicznych glebach hydrogenicznych. Pod tym względem szczególnie reprezentatywna jest powierzchnia Sieraków, ale również w przypadku transektu Kaliszki olsza występuje tylko w najniższej położonych fragmentach powierzchni badawczej, w miejscach ze względnie wysokim poziomem wody gruntowej.

Skupiskowość rozmieszczenia zaznacza się także w przypadku grabu, klonu i lipy. Występowanie wspomnianych gatunków ograniczone jest do najwyższej położonych fragmentów (wierzchowin wałów wydmowych) głównego transektu na powierzchni Sieraków. Powszechnie przyjmuje się, że są to gatunki o raczej dużych wymaganiach pod względem żyzności gleby [Brzezicki, Kienast 1994], dlatego też ich obecne występowanie może trochę zaskakiwać. Stoki i wierzchowiny wydm w porównaniu z obniżeniami śródwymowymi odznaczają się bowiem znacznie uboższymi i bardziej suchymi glebami [Jankowski 2014], co w teorii istotnie ogranicza wzrost i zróżnicowanie gatunkowe występujących tam drzewostanów [Sewerniak 2016].

Warto też zwrócić uwagę na przestrzenne rozdzielanie dorostów lipy i klonu z jednej strony oraz grabu – z drugiej. Być może wynika to w jakimś stopniu ze specyficznego rozmieszczenia i sąsiedztwa nasienników tych gatunków względem powierzchni badawczej.

W okresie objętym obserwacjami drzewostany występujące na powierzchniach badawczych charakteryzowały się dużą dynamiką zmian. Biorąc pod uwagę dwa podstawowe w przypadku drzew parametry populacyjne, tj. zagęszczenie oraz pierśnicowe pole przekroju, można mówić o dwóch przeciwstawnych trendach: malejącym w przypadku zagęszczenia i stabilnym/wzrostowym w przypadku pierśnicowego pola przekroju. Mimo stosunkowo krótkiego okresu obserwacji (24 lata i 28 lat) ogólne zagęszczenie drzewostanów występujących na powierzchniach badawczych zmalało o prawie połowę. Pod tym względem obie powierzchnie, mimo że położone są dosyć daleko od siebie (około 6 km) i różnią się topografią, były do siebie bardzo podobne. Spadkowy trend w zakresie zagęszczenia objął wszystkie podstawowe gatunki drzew, tj. sosnę, dąb, brzozę i olszę. Tempo ich ustępowania było zbliżone, mimo dużych różnic między nimi pod względem wielu cech, jak np. długowieczność (brzoza i olsza to gatunki o krótszym okresie życia, podczas gdy sosna i dąb są znacznie bardziej długowieczne). Na tle gatunków dominujących wyraźnie odróżniała się grupa gatunków domieszkowych, obejmująca grab, lipę i klon. Sytuacja demograficzna tych gatunków była znacznie bardziej stabilna. W tym przypadku można nawet mówić o pewnej ekspansji, choć na razie głównie w skali lokalnej. Wszystkie te gatunki reprezentowane były przez osobniki młode, które dopiero niedawno przekroczyły granicę między odnowieniem a drzewostanem. Na uwagę zasługuje zwłaszcza dynamiczny przyrost liczebności grabu w ostatnim okresie pomiarowym na transekcie głównym powierzchni Sieraków. Podobne zjawiska, polegające ogólnie na wzroście znaczenia gatunków o większych wymaganiach żyznościowych, a przy tym charakteryzujących się z reguły dużą tolerancją na ocienienie i odpornością na zgryzanie przez zwierzyńcę, obserwuje się także w wielu innych obiektach leśnych. Sztandarowym przykładem w tym zakresie mogą być badania w Białowieskim PN, z których wynika, że w okresie ostatnich kilkudziesięciu lat grab i lipa (choć nie klon!) należały tam do gatunków, które odnawiały się w największym stopniu [Andrzejczyk, Brzezicki 1995; Brzezicki i in. 2016, 2017, 2018a].

Z ujemnymi trendami w zakresie liczebności poszczególnych gatunków drzew kontrastują zmiany pierśnicowego pola przekroju, które generalnie cechowało się tendencją rosnącą. Sugeruje to, że straty, które wynikają z wydzielania się dużej liczby drzew, są z nawiązką rekompensowane.

sowane przez przyrost tych drzew, które pozostają żywe. Niewątpliwie naturalne przerzedzanie się drzewostanów poprawia sytuację konkurencyjną przeżywających drzew i ułatwia im dostęp do kluczowych zasobów środowiska. Szczególnie duże znaczenie wydaje się tu mieć konkurencja o wodę w glebie, biorąc pod uwagę, że warunki zaopatrzenia w nią stają się ostatnio w drzewostanach Puszczy Kampinoskiej coraz mniej korzystne.

Nasuwa się pytanie o dalsze kierunki rozwoju drzewostanów występujących na powierzchniach badawczych. Ekosystemy leśne ze swej natury zmieniają się raczej powoli, z wyjątkiem sytuacji, gdy zostają dotknięte dużymi zaburzeniami, jak huraganowe wiatry, pożary, dotkliwe susze czy gradacje owadów [Horn 1975; Whitmore 1982; Perry 2002; Woods 2004; Mori i in. 2007]. Tego typu zjawiska, jakkolwiek nigdy nie można ich wykluczyć, są raczej trudne do prognozowania. Zakładając brak tego typu zdarzeń w najbliższej przyszłości, wydaje się, że w perspektywie najbliższych lat drzewostany występujące na powierzchniach badawczych nie będą się zmieniały w zasadniczy, spektakularny sposób. Biorąc zwłaszcza pod uwagę długowieczność dwóch podstawowych gatunków drzew występujących na powierzchniach badawczych, tj. sosny i dębu, można oczekiwać, że jeszcze długo mogą one tworzyć górne piętro tych drzewostanów, przy czym przynajmniej na części powierzchni można się spodziewać stopniowego znaczenia wzrostu roli dębu kosztem starzejącej się stopniowo sosny (zwłaszcza tych sosen, które reprezentują najstarszą generację). Również w przypadku brzozy, biorąc pod uwagę względną krótkowieczność drzew tego gatunku, można oczekiwać raczej kontynuacji trendów spadkowych. Postępujące zmiany klimatu [Zajączkowski i in. 2013], prowadzące m.in. do obniżania się poziomu wód gruntowych, czy też ekspansja jemioli, coraz częściej zasiedlającej sosny występujące na powierzchniach badawczych, mogą stanowić dodatkowe czynniki obniżające żywotność drzew poszczególnych gatunków i tym samym mogą wpływać na przyszłą dynamikę badanych drzewostanów.

Niewątpliwie interesujące będzie także pytanie o dalsze losy tych gatunków, które w drzewostanach występujących na powierzchniach badawczych pojawiły się stosunkowo niedawno (lipa, klon, grab), a obecnie cechują się znaczną ekspansywnością. Pojawienie się tych gatunków przyczynia się, przynajmniej na tym etapie, do wzrostu ogólnego stopnia zróżnicowania gatunkowego i strukturalnego badanych drzewostanów. Wydaje się, że w przyszłości rola tych gatunków, zwłaszcza grabu, powinna się dalej zwiększać. Czy jednak tak będzie, pokażą dopiero kolejne badania i pomiary.

Wnioski

- ✦ Założenie stałych powierzchni badawczych na dwóch obszarach ochrony ścisłej Kampinoskiego PN, w drzewostanach reprezentujących zaawansowane stadia rozwojowe (starodrzewy), umożliwia bezpośrednie śledzenie głównych kierunków i tendencji rozwojowych mających miejsce w tego typu drzewostanach, stanowiących kluczowe ogniwa w systemie ochrony walorów przyrodniczych i krajobrazowych Parku.
- ✦ Mimo stosunkowo krótkiego okresu czasu badań (mniej niż 30 lat) w drzewostanach objętych obserwacjami nastąpiły znaczne zmiany, głównie o charakterze ilościowym, polegające przede wszystkim na silnej redukcji zagęszczenia wszystkich gatunków odgrywających podstawową rolę w budowie tych drzewostanów (sosna, dąb, brzoza, olsza). Zmiany te można tłumaczyć zjawiskiem „samoprzerzedzania się” przegęszczonych populacji, niewykluczone jednak, że stanowią one także wyraz pogarszających się warunków środowiska, szczególnie pod względem zaopatrzenia w wodę.
- ✦ W odróżnieniu od gatunków głównych sytuacja małej grupy gatunków domieszkowych (lipa, klon i grab) w okresie badań była bardziej stabilna. W tym przypadku można nawet mówić

o pewnej ekspansji, widocznej jak dotąd jednak głównie w skali lokalnej. Pośrednio sugeruje to, że są to gatunki bardziej odporne na działanie aktualnego układu stresów środowiskowych niż gatunki, które dominują w badanych drzewostanach.

✚ Kontynuacja badań będzie skutkować wzrostem empirycznych danych i wiedzy na temat mechanizmów oraz głównych sił i czynników napędzających wieloletni rozwój głównych typów lasów dominujących w obszarze Kampinoskiego PN. Tego rodzaju wiedza ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia doskonalenia zasad ochrony zasobów i walorów przyrodniczych Parku.

Literatura

- Andrzejczyk T., Brzeziecki B. 1995. The structure and dynamics of old-growth *Pinus sylvestris* (L.) stands in the Wigry National Park, north-eastern Poland. *Vegetatio* 117: 81-94.
- Bernadzki E. 1996. Kształtowanie się drzewostanów sosnowych. *Sylwan* 140 (9): 21-33.
- Bernadzki E., Bolibok L., Brzeziecki B., Zajączkowski J., Żybura H. 1998. Compositional dynamics of natural forests in the Białowieża National Park, north-eastern Poland. *Journal of Vegetation Science* 9: 229-238.
- Brang P. 2005. Virgin forests as a knowledge source for central European silviculture: reality or myth? *Forest, Snow and Landscape Research* 79: 19-32.
- Broda J. 1988. Zarys historii gospodarstwa leśnego w Polsce. PWRiL, Warszawa.
- Brzeziecki B., Andrzejczyk T., Żybura H. 2018a. Odnowienie naturalne w Puszczy Białowieżskiej. *Sylwan* 162 (11): 883-896. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2018116>.
- Brzeziecki B., Bielak K., Bolibok L., Drozdowski S., Zajączkowski J., Żybura H. 2018b. Structural and compositional dynamics of strictly protected woodland communities with silvicultural implications, using Białowieża Forest as an example. *Annals of Forest Science* 75: 75-89. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-018-0767-x>.
- Brzeziecki B., Drozdowski S., Żybura H., Bolibok L., Bielak K., Zajączkowski J. 2017. Managing for naturalness alone is not an effective way to preserve all the valuable natural features of the Białowieża Forest – a reply to Jaroszewicz et al. *Journal of Vegetation Science* 28: 223-231. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.12504>.
- Brzeziecki B., Keczyński A., Zajączkowski J., Drozdowski S., Gawron L., Buraczyk W., Bielak K., Szełigowski H., Dzwonkowski M. 2012. Zagrożone gatunki drzew Białowieżskiego Parku Narodowego („Rezerwat Ścisły”). *Sylwan* 156 (4): 252-261. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2011082>.
- Brzeziecki B., Kienast F. 1994. Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimian model. *Forest Ecology and Management* 69: 67-187.
- Brzeziecki B., Pommerening A., Miścicki S., Drozdowski S., Żybura H. 2016. A common lack of demographic equilibrium among tree species in Białowieża National Park (NE Poland): evidence from long-term plots. *Journal of Vegetation Science* 27: 460-467.
- Brzeziecki B., Woods K., Bolibok L., Zajączkowski J., Drozdowski S., Bielak K., Żybura H. 2020. Over 80 years without major disturbance, late-successional Białowieża woodlands exhibit complex dynamism, with coherent compositional shifts towards true old-growth conditions. *Journal of Ecology*. 108:1138-1154. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13367>.
- Chiarucci A., Araújo M. B., Decocq G., Beierkuhnlein C., Fernández-Palacios J. M. 2010. The concept of potential natural vegetation: an epitaph? *Journal of Vegetation Science* 21: 1172-1178. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01218.x>.
- Horn H. S. 1975. Markovian properties of forest succession. W: Cody M. L., Diamond J. M. [red.]. *Ecology and evolution of communities*. Cambridge, MA. Belknap Press. 196-211.
- Jankowski M. 2014. The evidence of lateral podzolization in sandy soils of northern Poland. *Catena* 112: 139-147.
- Johnson E. A., Miyanishi K. 2008. Testing the assumptions of chronosequences in succession. *Ecology Letters* 11: 419-431.
- Kucaba S. 1990. Charakterystyka morfologii terenu oraz właściwości gleb na transektach ekologicznych w rezerwacie Sieraków i Kaliszki w Kampinoskim Parku Narodowym. Maszynopis. Katedra Hodowli Lasu, SGGW, Warszawa.
- Lähde E., Laiho O., Norokorpi Y. 1999. Diversity-oriented silviculture in the Boreal Zone of Europe. *Forest Ecology and Management* 118: 223-243.
- Leibundgut H. 1959. Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwälder. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 3: 111-124.
- Mori A. S., Mizumachi E., Komiyama A. 2007. Role of disturbance and demographic non-equilibrium in species coexistence, inferred from 25-year dynamics of a late-successional old-growth subalpine forest. *Forest Ecology and Management* 241: 74-83.
- Olszewski A. 2015. Rola zoochorii jako mechanizmu rozprzestrzeniania nasion drzew leśnych, na przykładzie sukcesji dębu (*Quercus* sp.) na siedliskach borowych w Kampinoskim Parku Narodowym. Praca doktorska. Wydział Leśny, SGGW, Warszawa.

- Olszewski A., Brzeziecki B. 2019. Rola sójki (*Garrulus glandarius*) w inicjowaniu przemian sukcesyjnych zbiorowisk leśnych z udziałem dębu (*Quercus* sp.). Sylwan 163 (6): 479-488. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019006>.
- Perry G. L. W. 2002. Landscapes, space and equilibrium: shifting viewpoints. Progress in Physical Geography 26 (3): 339-359.
- Rees M., Condit R., Crawley M., Pacala S., Tilman D. 2001. Long-term studies of vegetation dynamics. Science 293: 650-655.
- Schütz J.-Ph., Saniga M., Diaci J., Vrška T. 2016. Comparing close-to-nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. Annals of Forest Sciences 73: 911-921. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0579-9>.
- Sewerniak P. 2016. Wpływ rzeźby terenu na bonitację i cechy wzrostowe drzewostanów sosnowych na wydmach Kotliny Toruńskiej. Sylwan 160 (8): 647-655. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2016056>.
- Szmyt J., Tarasiuk S. 2018. Species-specific spatial structure, species coexistence and mortality pattern in natural, uneven-aged Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – dominated forest. European Journal of Forest Research 137: 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-017-1084-x>.
- Tarasiuk S., Zwieniecki M. 1990. Social-structure dynamics in uneven-aged Scots pine (*Pinus sylvestris*) regeneration under canopy at the Kaliszki Reserve, Kampinoski National Park (Poland). Forest Ecology and Management 35: 277-289.
- Whitmore T. C. 1982. On pattern and process in forests. W: Newman E. I. [red.]. The Plant Community as a Working Mechanism. Blackwell, Oxford. 45-59.
- Włoczewski T. 1954. Materiały do poznania zależności między drzewostanem i glebą w przestrzeni i w czasie. Prace IBL 123: 161-249.
- Woods K. D. 2000a. Dynamics in late-successional hemlock-hardwood forests over three decades. Ecology 81: 110-126.
- Woods K. D. 2000b. Long-term change and spatial pattern in a late-successional hemlock-northern hardwood forest. Journal of Ecology 88: 267-282.
- Woods K. D. 2004. Intermediate disturbance in a late-successional hemlock-northern hardwood forest. Journal of Ecology 92: 464-476.
- Woods K. D. 2007. Predictability, contingency, and convergence in late succession: Slow systems and complex data sets. Journal of Vegetation Science 18: 543-554.
- Zajączkowski J., Brzeziecki B., Perzanowski K., Kozak I. 2013. Wpływ potencjalnych zmian klimatycznych na zdolność konkurencyjną głównych gatunków drzew w Polsce. Sylwan 157 (4): 253-261. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2012134>.
- Zwieniecki M., Tarasiuk S. 1993. Five years vitality change in an old-growth Scots pine (*Pinus sylvestris*) forest with a mixed and uneven-aged understorey. Forest Ecology and Management 58: 273-286.