

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 2. Procesy zamierania i dorostania oraz ich wpływ na rozkład grubości drzew

Structure and dynamics of uneven-aged, Scots pine-dominated, old-growth stands in Kaliszki and Sieraków strict reserves in Kampinos National Park. Part 2. Tree mortality and recruitment processes and their effects on tree diameter distributions

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 2. Procesy zamierania i dorostania oraz ich wpływ na rozkład grubości drzew. Sylwan 164 (6): 443-453. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2020058>.

Two fundamental demographic processes (tree recruitment and mortality) are analyzed for forest stands growing on permanent study plots located in strictly protected Scots pine-dominated, old-growth stands of Kampinos National Park (central Poland). The major implications of the observed demographic trends for the general shape of tree size distributions are determined, as well. During the past ca 30 years, in the stands sampled, there was a pronounced lack of balance between mortality and recruitment processes. Mortality rate was eight times higher than recruitment rate. Eventually, there was a net significant decline in population density, observed for all major tree species, including Scots pine, pedunculate oak, silver and downy birch, and black alder. As mortality processes affected mainly smaller trees, there was also a significant deterioration of the general demographic status of most important tree species. This effect was shown by the change of the overall shape of diameter distributions over the study period: from reverse J-shaped to flat curves running nearly parallel to X-axis. The values of recruitment rates were markedly lower, and the values of mortality rates – significantly higher, than analogous values characterizing comparable forests (e.g., those obtained for the natural stands of Białowieża National Park). Low recruitment rates, as obtained for Kampinos stands, suggest that presently, in the local, Scots pine-dominated, old-growth stands, the general conditions for forest regeneration and for maintaining a long-term demographic stability are unfavorable. Most probably, the regeneration of this type of forest has an episodic, ‘wave-like’ character and corresponds to the ‘catastrophic’ model, according to which the successful regeneration of current dominants (especially Scots pine, silver and downy birch, black alder) must be preceded by a stand-initiating (stand-replacing) disturbance, leading to total or partial, but heavy, destruction of the currently existing stand. At the moment, it would be difficult to predict, however, if and when such

a disturbance will affect the stands under investigation. Thus, we predict that in the nearest future at least, the state of overall demographic unbalance will continue or even increase.

KEY WORDS

demographic non-equilibrium, diameter structure, long-term study, old-growth forest, permanent study plot, Scots pine, strict protection

ADDRESSES

Bogdan Brzeziecki ⁽¹⁾ – e-mail: bogdan.brzeziecki@wl.sggw.pl
 Jacek Zajączkowski ⁽¹⁾, Adam Olszewski ⁽²⁾, Leszek Bolibok ⁽¹⁾, Tadeusz Andrzejczyk ⁽¹⁾, Kamil Bielał ⁽¹⁾,
 Włodzimierz Buraczyk ⁽¹⁾, Stanisław Drozdowski ⁽¹⁾, Leszek Gawron ⁽¹⁾, Szymon Jastrzębowski ⁽³⁾, Henryk
 Szeligowski ⁽¹⁾, Henryk Żybuła ⁽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

W latach 80. ubiegłego wieku z inicjatywy prof. Eugeniusza Bernadzkiego, ówczesnego kierownika Katedry Hodowli Lasu SGGW, zostały rozpoczęte badania nad wieloletnią dynamiką wielogeneracyjnych starodrzewów sosnowych w Kampinoskim Parku Narodowym (PN), wyłączonych z użytkowania i rozwijających się spontanicznie na dwóch obszarach ochrony ścisłej (OOŚ Kaliszki i OOŚ Sieraków). Badania te prowadzone są do dzisiaj, w oparciu o dwie stałe powierzchnie badawcze mające formę transektów (pasów) ekologicznych, wzorowanych na analogicznych powierzchniach Katedry Hodowli Lasu SGGW w Białowieskim PN [Włoczewski 1954; Bernadzki i in. 1998; Brzeziecki i in. 2016]. Ostatni pomiar kontrolny drzewostanów występujących na powierzchniach badawczych Kaliszki i Sieraków został przeprowadzony w 2017 roku, odpowiednio po 10 oraz 11 latach od poprzednich pomiarów.

Celem pracy jest analiza tempa dorastania oraz naturalnego zamierania drzew (w ujęciu bezwzględnym i względnym) oraz ocena wpływu tych procesów na strukturę grubości poszczególnych gatunków drzew. Praca jest kontynuacją wcześniejszej publikacji Brzezieckiego i in. [2020], w której przedstawiono zmiany zagęszczenia i pierśnicowego pola przekroju drzewostanów.

Materiał i metody

POWIERZCHNIE BADAWCZE I PRACE TERENOWE. Stała powierzchnia badawcza w OOŚ Kaliszki ma formę pojedynczego transektu o wymiarach 20×700 m (1,40 ha). Badanie drzewostanów, obejmujące pomiar grubości wszystkich drzew o pierśnicy ≥ 5 cm, określenie gatunku oraz pomiar współrzędnych przestrzennych drzew, wykonano na tej powierzchni trzykrotnie: w latach 1993, 2007 i 2017. Powierzchnia w OOŚ Sieraków składa się z dwóch transektów: głównego, o wymiarach 40×460 m (1,84 ha), oraz bocznego, o wymiarach 40×180 m (0,72 ha). Na tej powierzchni pomiary drzewostanów przeprowadzono czterokrotnie: w latach 1989, 1994, 2006 i 2017. Na obu powierzchniach, 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. Bardziej szczegółowy opis powierzchni badawczych, w tym charakterystykę zróżnicowania rzeźby terenu i warunków glebowych, przedstawiono w pracach Kucaby [1990] oraz Brzezieckiego i in. [2020].

ANALIZA DANYCH. W niniejszej pracy przeanalizowano tempo wypadów oraz tempo dorastania drzew na obu powierzchniach badawczych, z uwzględnieniem występujących na nich gatunków. Podobnie jak w przypadku zmian zagęszczenia oraz pierścnicowego pola przekroju [Brzeziecki i in. 2020], w obu przypadkach posłużono się wskaźnikami o charakterze bezwzględny i względnym.

W przypadku procesu dorastania pierwszy sposób polegał na obliczeniu liczby drzew (tzw. dorostów – R), które w danym okresie, tj. pomiędzy dwiema kolejnymi inwentaryzacjami, przekroczyły po raz pierwszy graniczną wartość pierścnicy wynoszącą 5 cm, i na przeliczeniu otrzymanych wartości na jednostkę powierzchni (1 ha) i czasu (1 rok).

Drugi sposób polegał na obliczeniu względnego wskaźnika intensywności procesu dorastania r [%/rok] [Mori i in. 2007]:

$$r = \frac{\ln n_t - \ln s_t}{t} \cdot 100$$

gdzie:

n_t – liczba wszystkich żywych drzew danego gatunku na końcu okresu pomiarowego,

s_t – liczba drzew, które były żywe zarówno na początku, jak i na końcu okresu t ,

t – długość okresu pomiarowego.

Proces zamierania scharakteryzowano na podstawie wypadów, tj. liczby drzew, które zamarły pomiędzy dwiema kolejnymi inwentaryzacjami (M). Otrzymane wartości przeliczono na jednostkę powierzchni (1 ha) i jednostkę czasu (1 rok).

Obliczono względny wskaźnik zamierania drzew m [%/rok] [Sheil i in. 1995]:

$$m = 1 - (n_t / n_0)^{1/t} \cdot 100$$

gdzie:

n_0 – liczba żywych drzew danego gatunku na początku okresu pomiarowego,

n_t – liczba żywych drzew danego gatunku na końcu okresu pomiarowego (bez dorostów),

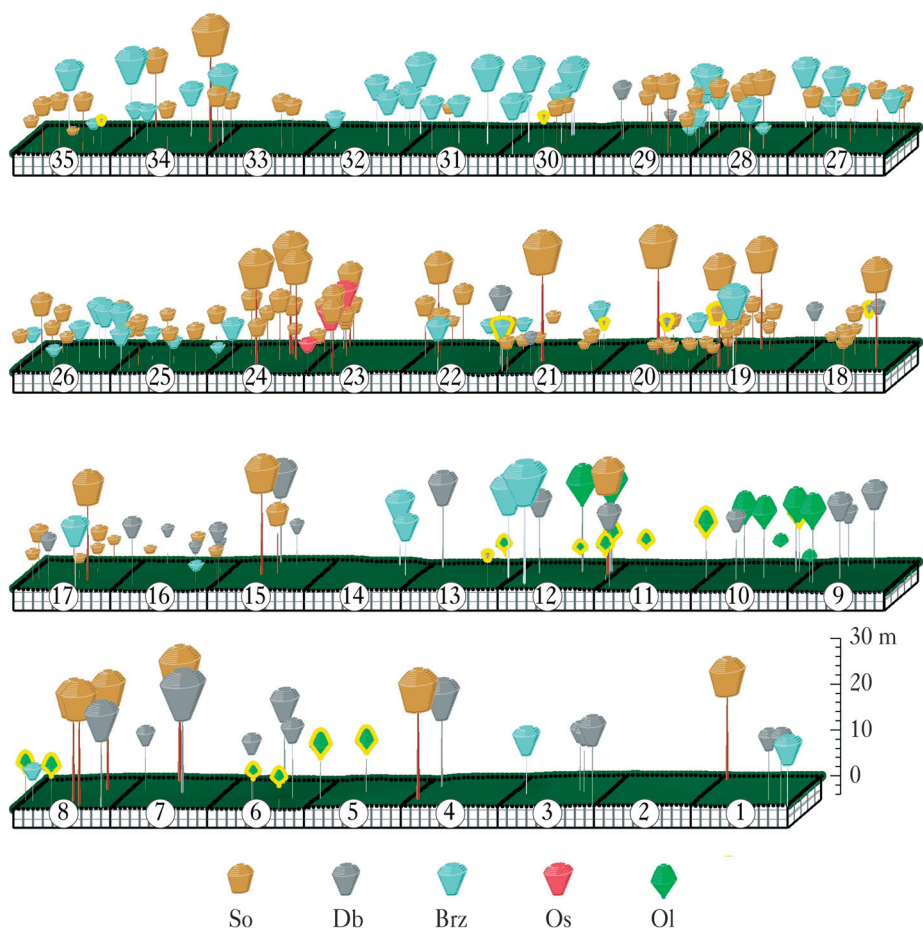
t – długość okresu pomiarowego.

Następnie przeanalizowano wpływ procesów dorastania i zamierania na rozkład grubości drzew. Wykorzystano w tym celu wykresy przedstawiające zróżnicowanie grubościowe najważniejszych gatunków występujących na powierzchniach badawczych w kolejnych terminach pomiarów.

Wyniki

DORASTANIE I ZAMIERANIE DRZEW. W dotychczasowych okresach pomiarowych zamieranie drzew wyraźnie przeważało nad procesem dorastania (tj. procesem przejścia z fazy odnowienia do fazy drzewostanu). Podobnie było też w ostatnim okresie, obejmującym lata 2007-2017 (powierzchnia Kaliszki – ryc. 1) oraz 2006-2017 (powierzchnia Sieraków – ryc. 2).

Na powierzchni Kaliszki w obu okresach pomiarowych bezwzględne tempo dorastania drzew (R) kształtowało się na niskim poziomie (1-2 drzewa/ha/rok), jednak warto zauważyć, że w drugim okresie pomiarowym (2007-2017) było ono prawie dwukrotnie wyższe niż w pierwszym (1993-2007), głównie dzięki olszy i w mniejszym stopniu dębowi (ryc. 1, tab. 1). Na powierzchni Sieraków sytuacja była bardziej zróżnicowana. Pod względem sumarycznego tempa dorastania wyróżniał się zwłaszcza okres 1989-1994, w którym wskaźnik ten osiągnął wyjątkowo dużą wartość (ponad 9 drzew/ha/rok). Największy udział miały tu olsza i dąb, dorastające w tempie 3-4 drzewa/ha/rok. W pozostałych dwóch okresach sumaryczne tempo dorastania drzew na powierzchni Sieraków kształtowało się podobnie jak na powierzchni Kaliszki. Uwagę zwraca



Ryc. 1.

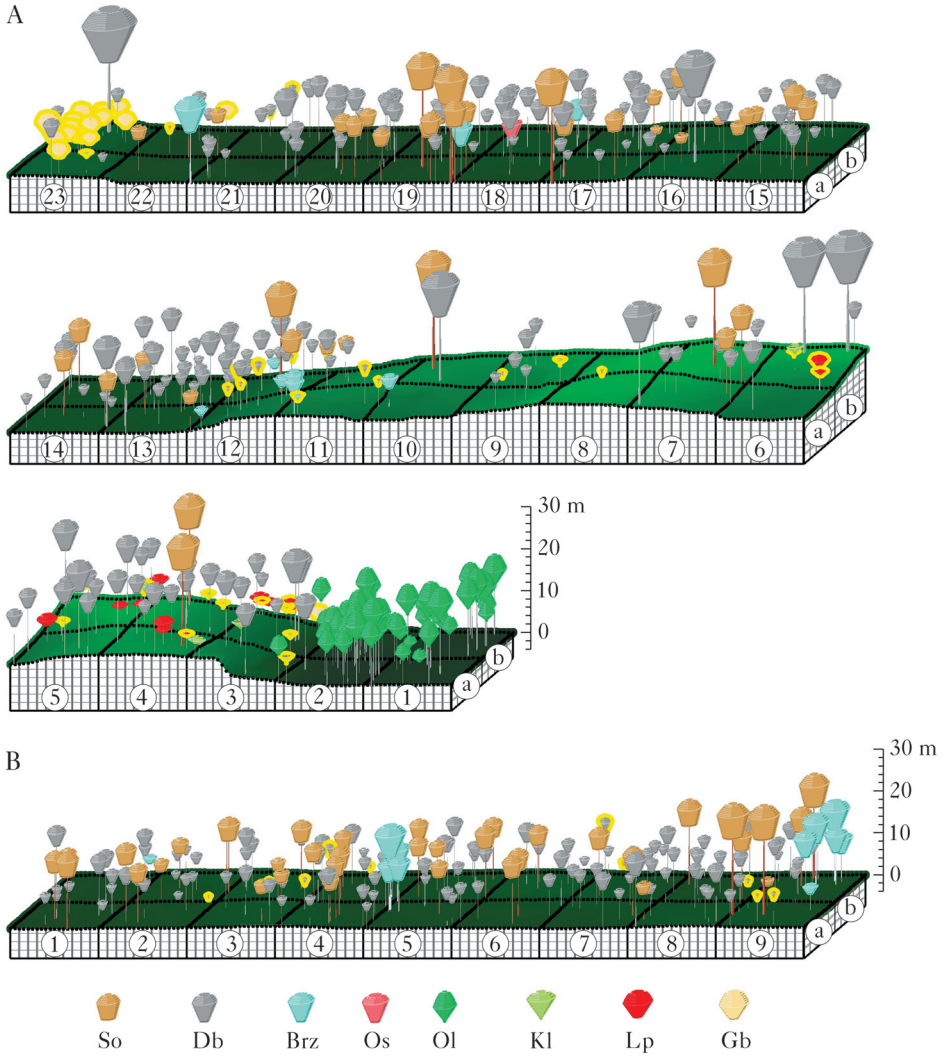
Przestrzenne rozmieszczenie wypadów oraz dorostów (żółta obwódka) na powierzchni Kaliszki w okresie 2007-2017

Spatial distribution of losses (dead trees) and recruits (ingrowth – marked with yellow) on Kaliszki plot in the period 2007-2017

So – pine, Db – oak, Brz – birch, Os – aspen, Ol – alder

wyraźny wzrost tempa dorastania grabu: od 0,0 w pierwszym okresie pomiarowym do około 0,7 drzewa/ha/rok w okresie ostatnim (transekt A, działka 23 – ryc. 2).

W przeciwieństwie do dorastania sumaryczny wskaźnik zamierania drzew na obu powierzchniach i we wszystkich okresach pomiarowych kształtował się na bardzo wysokim poziomie – około 20 drzew/ha/rok (tab. 1). Szczególnie duża wartość tego wskaźnika wystąpiła na powierzchni Sieraków w okresie 1989-1994 – blisko 37 drzew/ha/rok. Bezwzględny wskaźnik zamierania osiągnął największą wartość u gatunków najliczniej występujących na powierzchniach badawczych, tj. sosny i dębu. Dla brzozy i olszy, również odgrywających istotną rolę w składzie badanych drzewostanów, wskaźnik ten był już znacząco mniejszy. Na powierzchni Sieraków zwraca uwagę fakt, że tempo zamierania drzew sosny wyraźnie maleje w kolejnych okresach, natomiast u dębu cały czas utrzymuje się na zbliżonym, wysokim poziomie.



Ryc. 2.

Przestrzenne rozmieszczenie wypadów oraz dorostów (żółta obwódka) na powierzchni Sieraków w okresie 2006-2017 na transekcje głównym (A) i bocznym (B)

Spatial distribution of losses (dead trees) and recruits (ingrowth – marked with yellow) on Sieraków plot in the period 2006-2017 on main (A) and side (B) transects

So – pine, Db – oak, Brz – birch, Ol – alder, Kl – maple, Lp – lime, Gb – hornbeam

Względne wskaźniki procesu dorastania (r) na obu powierzchniach i w większości okresów pomiarowych kształtowały się na raczej niskim poziomie (tab. 2). Pewnym wyjątkiem w tym zakresie jest okres 1989-1994 na powierzchni Sieraków, kiedy wartość tego wskaźnika, obliczonego dla wszystkich gatunków razem, zbliżyła się do 1%/rok. Do gatunków najintensywniej odnawiających się na powierzchniach badawczych w rozpatrywanym okresie należały osza (powierzchnia Sieraków, okres 1989-1994, wskaźnik około 3,4%/rok; powierzchnia Kaliszki, okres 2007-2017, wskaźnik około 2,5%/rok), klon (powierzchnia Sieraków, okres 1989-1994, wskaźnik około 3,3%/rok) oraz lipa (powierzchnia Sieraków, okres 1989-1994, wskaźnik około 2,1%/rok).

Tabela 1.

Tempo dorastania (R) oraz zamierania (M) [szt./ha/rok] gatunków drzew leśnych na powierzchniach Kaliszki i Sieraków

Recruitment (R) and mortality (M) rates [N/ha/year] calculated for tree species occurring on Kaliszki and Sieraków plots

	Kaliszki				Sieraków					
	1993-2007		2007-2017		1989-1994		1994-2006		2006-2017	
	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M
So	0,36	11,84	0,07	9,29	1,17	15,23	0,16	7,58	0,04	2,91
Db	0,15	3,88	0,50	2,43	3,05	15,23	0,49	13,80	0,85	11,15
Brz	0,26	1,99	0,07	4,57	0,31	3,75	0,07	1,07	0,04	0,82
Ol	0,10	1,28	1,00	0,57	3,67	1,48	0,20	2,93	0,04	2,95
Kl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,47	0,26	0,03	0,36	0,14
Lp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,63	0,13	0,16	0,32	0,28
Gb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,13	0,00	0,67	0,00
Os	0,00	0,15	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04
Inne Other	0,15	0,00	0,29	0,14	0,08	0,08	0,03	0,03	0,00	0,21
Razem In total	1,02	19,14	1,93	17,21	9,45	36,95	1,47	25,63	2,32	18,50

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

Tabela 2.

Względne wskaźniki intensywności procesu dorastania (r) oraz zamierania drzew (m) [%/rok] na powierzchniach Kaliszki i Sieraków

Relative indices of recruitment (r) and mortality (m) rates [%/year] calculated for tree species occurring on Kaliszki and Sieraków plots

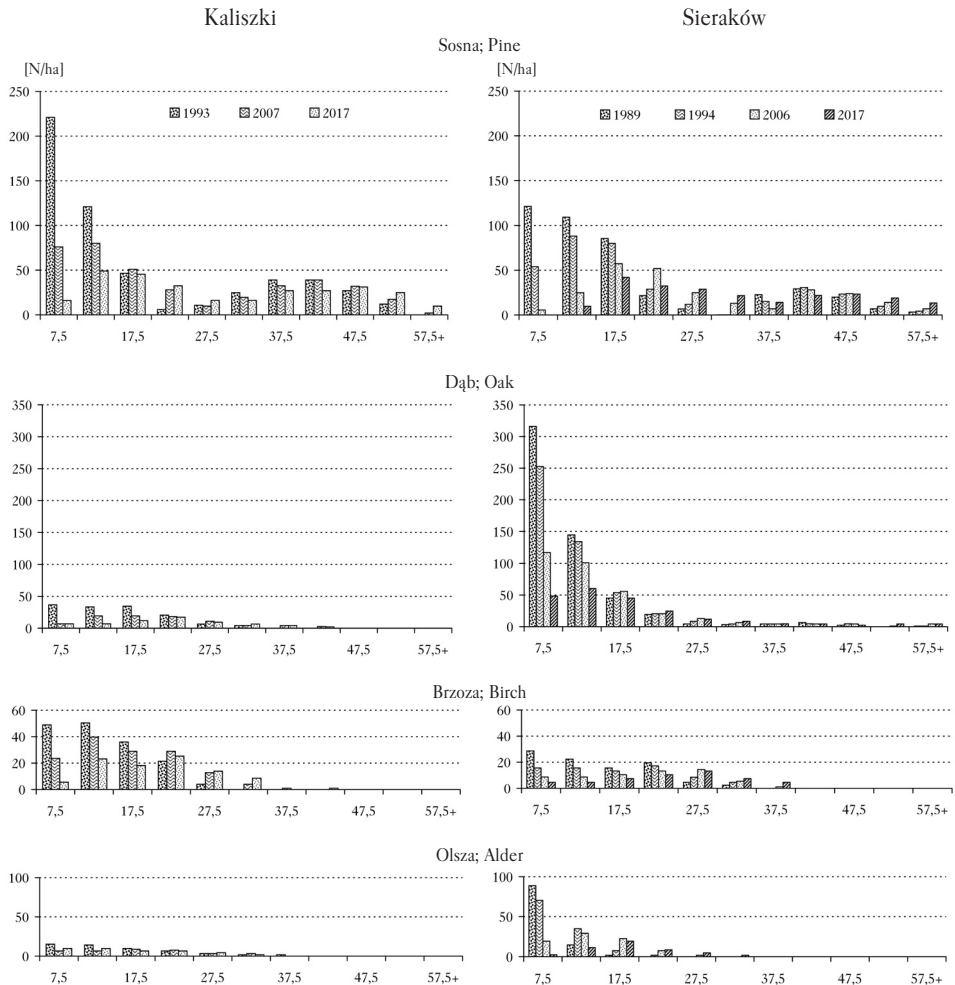
	Kaliszki				Sieraków					
	1993-2007		2007-2017		1989-1994		1994-2006		2006-2017	
	r	m	r	m	r	m	r	m	r	m
So	0,09	2,54	0,02	2,71	0,33	3,85	0,06	2,43	0,02	1,15
Db	0,18	3,49	0,77	3,25	0,62	2,90	0,15	3,33	0,39	4,03
Brz	0,18	1,31	0,07	3,85	0,40	4,23	0,10	1,47	0,06	1,30
Ol	0,25	2,60	2,47	1,47	3,45	1,45	0,24	2,96	0,07	4,39
Kl					3,31	2,24	1,08	0,14	1,36	0,57
Lp					2,14	2,77	0,60	0,74	1,50	1,34
Razem In total	0,16	2,45	0,39	2,97	0,88	3,18	0,18	2,70	0,37	2,60

Uwzględniono te 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 denotes as in figures 1 and 2

Najniższym względnym wskaźnikiem intensywności procesu dorastania we wszystkich okresach pomiarowych i na obu powierzchniach badawczych charakteryzowała się natomiast sosna.

Wskaźnik zamierania drzew w ujęciu względnym (m) charakteryzował się dużą zmiennością, tak pomiędzy poszczególnymi gatunkami, jak i okresami pomiarowymi (tab. 2). Szczególnie duże wartości wskaźnika śmiertelności wystąpiły u dębu, który intensywnie zamierał na obu powierzchniach i we wszystkich terminach pomiarowych. Na powierzchni Sieraków wskaźnik zamierania drzew dębu zwiększał się i przekroczył 4%/rok w ostatnim okresie (2006-2017). Podobnie wysokie wartości wskaźnika zamierania wystąpiły okresowo także u brzozy (na obu powierzchniach), sosny i osły (powierzchnia Sieraków). Z kolei klon i lipa charakteryzowały się niskim wskaźnikiem zamierania, zwłaszcza w dwóch ostatnich okresach pomiarowych.

STRUKTURA PIERŚNICY. Cztery najważniejsze gatunki występujące na badanych powierzchniach cechują się różnym typem rozkładu grubości drzew (ryc. 3). W przypadku sosny ma on postać rozkładu bimodalnego, zarówno na powierzchni Kaliszki, jak i Sieraków. Jest to związane z faktem występowania na obu tych powierzchniach dwóch generacji sosny, różniących się wiekiem. Z kolei rozkład grubości dębu, zwłaszcza w przypadku powierzchni Sieraków w pierwszych terminach pomiarowych, miał kształt zbliżony do odwróconej litery „J”, jaki charakteryzuje populacje znajdujące się w fazie ekspansji demograficznej. Zarówno w przypadku sosny, jak i dębu zaznacza się jednak z czasem silna tendencja spadku liczby drzew w najcieńszych klasach pierśnic, objętych intensywnym procesem wydzielania się drzew, nierekompensowanym dopływem nowych drzew z warstwy odnowienia. Świadczy to o tym, że w dotychczasowym okresie badań warunki do odnowienia i dorastania do fazy drzewostanu w przypadku tych dwóch gatunków



Ryc. 3.

Zmiany rozkładu grubości podstawowych gatunków drzew występujących na powierzchniach Kaliszki i Sieraków w kolejnych okresach pomiarowych

Changes in diameter structure of major tree species occurring on Kaliszki and Sieraków plots in subsequent census periods

nie były sprzyjające. Podobna sytuacja ma zresztą także miejsce w przypadku dwóch pozostałych gatunków występujących jeszcze w miarę licznie na powierzchniach badawczych, tj. brzozy i olszy.

Dyskusja

W przypadku stałych powierzchni w obszarach ochrony ścisłej Kaliszki i Sieraków w okresie objętym badaniami (blisko 30 ostatnich lat) zwraca przede wszystkim uwagę bardzo duża dysproporcja pomiędzy dwoma podstawowymi procesami demograficznymi: dorastaniem i zamieraniem drzew. Proces zamierania przebiegał znacznie bardziej intensywnie niż proces dorastania.

Na obu powierzchniach i w większości okresów badawczych tempo dorastania drzew do grubości 5 cm kształtowało się na bardzo niskim poziomie i tylko raz – w okresie 1989-1994 na powierzchni Sieraków – osiągnęło poziom porównywalny z tempem dorastania, jakie występuje na stałych powierzchniach zlokalizowanych w Białowieskim PN i badanych w okresie 1936-2012, gdzie wynosi ono około 10 drzew/ha/rok [Bernadzki i in. 1998; Brzeziecki i in. 2016].

Z kolei tempo wypadów na powierzchniach w Kampinoskim PN było znacznie wyższe niż w Białowieskim PN [Bernadzki i in. 1998; Brzeziecki i in. 2016]. Podczas gdy w Białowieskim PN kształtowało się ono na poziomie około 12 drzew/ha/rok (czyli było tylko nieznacznie większe niż tempo dorastania), to w przypadku drzewostanów kampinoskich wyniosło około 24 drzewa/ha/rok (biorąc pod uwagę obie powierzchnie i wszystkie terminy pomiarowe). Było więc dwukrotnie wyższe niż w Białowieskim PN oraz ośmiokrotnie wyższe niż tempo dorastania.

Z jednej strony wpływ na te wyniki mogła mieć aktualna faza rozwojowa badanych drzewostanów, w których w okresach wcześniejszych, bardziej sprzyjających dla odnowienia, pojawiło się stosunkowo liczne młode pokolenie drzew (głównie sosny i dębu), obecnie podlegające zjawisku „samoprzerzedzania się” (self-thinning), spowodowanego nadmiernym zagęszczeniem drzew w pewnych fragmentach drzewostanów [Andrzejczyk, Brzeziecki 1995; Oliver, Larson 1996]. Na pewno nie bez znaczenia był też nacisk konkurencyjny wywierany przez drzewa zajmujące dominującą pozycję w drzewostanie. Dopóki drzewa reprezentujące młode pokolenie mają stosunkowo małe rozmiary, problem ten nie występuje tak wyraźnie. W miarę rozwoju młodego pokolenia jego potrzeby życiowe (względem światła, przestrzeni wzrostu itd.) stają się jednak coraz większe. Jeśli nie są one spełnione (ze względu na obecność drzew górnego piętra), wiele takich drzew zamiera. O tym, że tak mogło być, świadczy fakt, że bardzo duża część wydzielonych osobników to na ogół drzewa o małych rozmiarach, reprezentujące początkowe klasy rozkładu pierśnicy.

Z drugiej strony obserwowane zmiany i procesy mogą świadczyć też o tym, że w rozpatrywanym okresie warunki wzrostu dla drzew, zwłaszcza dla gatunków odgrywających największą rolę w badanych drzewostanach (sosna, dąb, brzoza), były niekorzystne. W tym kontekście na pewno dużą rolę mogły odegrać niesprzyjające warunki wodne, tj. powtarzające się susze (np. bardzo wysoka temperatura oraz głęboka i długotrwała susza w 2015 roku) oraz znaczne wahania poziomu wód gruntowych (dane KPN). Te czynniki mogły mieć szczególnie duży wpływ na wysokie tempo zamierania drzew. Do gatunków, których liczebność silnie zmalała w okresie objętym obserwacjami, należał m.in. dąb. Szczególnie intensywnie wydzielali się drzewa cienkie, zajmujące dolne warstwy drzewostanów. Zdecydowana większość z nich odnowiła się na drodze zoochorii [Olszewski, Brzeziecki 2019]. Intensywne wydzielanie się dębu w badanych drzewostanach potwierdza znaną prawdę, że nawet liczne pojawienie się dorostów jakiegoś gatunku w drzewostanie nie przesądza jeszcze, że jego przyszła rola będzie coraz większa [Brzeziecki i in. 2018a].

Z kolei jeśli chodzi o procesy odnowieniowe, to poza wymienionymi czynnikami duże znaczenie mogła mieć także presja dużych roślinożerców, w tym zwłaszcza licznej populacji łosia na terenie Kampinoskiego PN (dane KPN). W przypadku sosny istotną przeszkodą w procesach odnowieniowych mogła być także dobrze rozwinięta warstwa runa leśnego oraz gruba warstwa ściółki i generalny brak powierzchni – potencjalnie sprzyjających odnowieniu tego gatunku (z odsłoniętą glebą mineralną) [Aleksandrowicz-Trzczińska i in. 2014]. Warto zaznaczyć, że również w przypadku powierzchni SGGW w Białowieskim PN sosna należy do najsłabiej odnawiających się gatunków drzew [Kowalski 1972, 1975; Brzeziecki i in. 2012, 2013, 2018a, b]. W całym okresie badań, tj. w latach 1936-2012, na badanych tam powierzchniach nie pojawił się ani jeden dorost tego gatunku (mimo stosunkowo licznego występowania sosny w składzie drzewostanów). To pokazuje, że skuteczne odnowienie sosny (i jej dorosnięcie do fazy drzewostanu) możliwe jest dopiero w warunkach naprawdę silnych zaburzeń (np. pożarów [Niklasson i in. 2010]), a także po wyeliminowaniu innych istotnych czynników ograniczających, jak np. konkurencja runa czy presja zwierzyzny.

Na tle niskich wartości wskaźników dorastania sosny, brzozy czy olszy, a nawet dębu, zwracając uwagę stosunkowo wysokie analogiczne wskaźniki dla klonu, lipy i grabu, jakie wystąpiły na powierzchni Sieraków. Jak do tej pory, występowanie tych gatunków było jednak ograniczone tylko do określonych fragmentów powierzchni badawczej, charakteryzujących się specyficznymi warunkami topograficznymi i glebowymi (głównie partie grzbietowe oraz zawietrzne czoła wydm, sąsiadujące z terenami bagiennymi). W takich miejscach lokalne wskaźniki tempa dorastania tych gatunków były wysokie. Wszystkie wspomniane gatunki mają raczej duże wymagania glebowe, a ponadto charakteryzują się znaczną cienioznośnością (zwłaszcza grab i lipa). Może to sugerować, że mamy do czynienia ze zjawiskiem sukcesji, polegającej na zastępowaniu gatunków o bardziej pionierskim charakterze (brzoza, sosna, dąb) gatunkami związanymi z późniejszymi stadiami sukcesyjnymi (lipa, grab i klon) [Brzeziecki, Kienast 1994]. Przyszłe badania pokażą, czy procesy, o których tu mowa, obejmą także inne fragmenty powierzchni badawczej.

Duża dysproporcja między wskaźnikami dorastania i śmiertelności drzew, która charakteryzuje powierzchnie w Kampinoskim PN, zwłaszcza gdy porówna się je z analogicznymi parametrami obliczonymi dla drzewostanów występujących w Białowieskim PN, może sugerować, że w przypadku obu tych obiektów mamy do czynienia z różnymi typami dynamiki lasu. W przypadku Kampinoskiego PN większe znaczenie dla rozwoju drzewostanów cechujących się dominacją sosny i występujących na generalnie mało produktywnych siedliskach borowych mogą mieć intensywne i rozległe powierzchniowo zaburzenia (stand replacing disturbances) [Leibundgut 1959; Woods 2004; Mori i in. 2007], w wyniku których tworzą się okresowo warunki sprzyjające odnowieniu gatunków drzew budujących lokalne drzewostany (chodzi tu zwłaszcza o sosnę, ale także brzozę, olszę czy osikę). W przypadku drzewostanów występujących w Białowieskim PN, gdzie przeważają siedliska żyzniejsze, procesy zamierania i dorastania drzew są bardziej zrównoważone, co sugeruje, że w tym przypadku lepiej sprawdza się model „dynamiki luk”, zgodnie z którym wypadanie pojedynczych dojrzałych drzew i ich niewielkich grup wystarcza, aby inicjować procesy odnowieniowe [Watt 1947; Pickett, White 1985; Oliver, Larson 1996].

Wnioski

✦ W okresie ostatnich około 30 lat drzewostany występujące na stałych powierzchniach badawczych w Kampinoskim PN charakteryzowały się dużym brakiem równowagi pomiędzy dwoma podstawowymi procesami demograficznymi: procesem zamierania i procesem dorastania drzew (przechodzenia z fazy odnowienia do fazy drzewostanu). Tempo wypadów ośmiokrotnie prze-

wyższyło tempo dorostów, co przełożyło się na duży spadek liczebności netto (blisko 50%), dotyczący zwłaszcza gatunków odgrywających główną rolę w badanych drzewostanach, tj. sosny, dębu, brzozy i olszy.

- ✚ Liczbowe wskaźniki tempa dorastania w badanych drzewostanach (w ujęciu bezwzględny) są wyraźnie niższe, natomiast analogiczne wskaźniki tempa wypadów wyraźnie wyższe niż w innych obiektach leśnych podobnego typu (np. w Białowieckim PN).
- ✚ Wyniki uzyskane w zakresie dorastania drzew do fazy drzewostanu sugerują, że w badanych starodrzewach sosnowych Kampinoskiego PN nie ma obecnie warunków sprzyjających odnowieniu i zachowaniu ciągłości demograficznej gatunków odgrywających główną rolę w składzie badanych drzewostanów (sosna, dąb, brzoza, olsza).
- ✚ W przypadku badanych drzewostanów odnowienie odbywa się prawdopodobnie falowo, zgodnie z modelem „katastroficznym”, który zakłada wcześniejsze zniszczenie istniejącego drzewostanu (albo przynajmniej jego silne przerzedzenie) na wskutek działania sił i czynników zewnętrznych, jako warunku rozpoczęcia bardziej intensywnych procesów odnowieniowych.

Literatura

- Aleksandrowicz-Trzcńska M., Drozdowski S., Brzeziecki B., Rutkowska P., Jabłońska B. 2014. Effects of different methods of site preparation on natural regeneration of *Pinus sylvestris* in Eastern Poland. *Dendrobiology* 71: 73-81.
- 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., 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.
- Brzeziecki B., Andrzejczyk T., Żybura H. 2018a. Odnowienie naturalne drzew w Puszczy Białowieckiej. *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., Bielak K., Buraczyk W., Gawron L. 2013. Kształtowanie zróżnicowanej struktury drzewostanów w warunkach nizinnych. *Sylwan* 157 (8): 597-606. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2013051>.
- Brzeziecki B., Keczyński A., Zajączkowski J., Drozdowski S., Gawron L., Buraczyk W., Bielak K., Szeli-gowski H., Dzwonkowski M. 2012. Zagrożone gatunki drzew Białowieckiego 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., Zajączkowski J., Olszewski A., Bolibok L., Andrzejczyk T., Bielak K., Buraczyk W., Drozdowski S., Gawron L., Jastrzębowski S., Szeli-gowski H., Żybura H. 2020. Struktura i dynamika wielogeneracyjnych starodrzewów sosnowych występujących w obszarach ochrony ścisłej Kaliszek i Sieraków w Kampinoskim Parku Narodowym. Część 1. Zróżnicowanie gatunkowe, zagęszczenie i pierścicowe pole przekroju. *Sylwan* 164 (5): 392-403. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2020058>.
- Kowalski M. 1972. Dynamika odnowień naturalnych w oddziale 319 Białowieckiego Parku Narodowego. *Fol. For. Pol. Series A, Forestry* 20: 93-109.
- Kowalski M. 1975. Kształtowanie się struktury odnowień w kilku zespołach lasu naturalnego. *Zesz. Nauk. AR w Warszawie. Leśnictwo* 21: 43-55.
- Kucaba S. 1990. Charakterystyka morfologii terenu oraz właściwości gleb na transektach ekologicznych w rezerwacie Sieraków i Kaliszek w Kampinoskim Parku Narodowym. *Maszynopis. Katedra Hodowli Lasu SGGW, Warszawa*.
- Leibundgut H. 1959. Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *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.

- Niklasson M., Zin E., Zielonka T., Feijen M., Korezyk A. F., Churski M., Samojlik T., Jędrzejewska B., Gutowski J. M., Brzeziecki B. 2010. A 350-year tree ring fire record from Białowieża Primeval Forest, Poland: implications for Central European lowland fire history. *Journal of Ecology* 98: 1319-1329.
- Oliver Ch. D., Larson B. C. 1996. *Forest stand dynamics*. Update edition. New York. John Wiley & Sons, Inc.
- Olszewski A., Brzeziecki B. 2019. Rola sójki (*Garrulus glandarius*) w inicjowaniu przemian sukcesyjnych zbiorowisk leśnych z udziałem dębu (*Quercus* sp.). *Sylvan* 163 (6): 479-488. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019006>.
- Pickett S. T. A., White P. S. 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Orlando. Academic Press.
- Sheil D., Burslem D. F. R. P., Alder D. 1995. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. *Journal of Ecology* 83: 331-333.
- Watt A. S. 1947. Pattern and process in the plant community. *Journal of Ecology* 35: 1-22.
- Włoczewski T. 1954. Materiały do poznania zależności między drzewostanem i glebą w przestrzeni i w czasie. *Prace IBL* 123: 161-249.
- Woods K. D. 2004. Intermediate disturbance in a late-successional hemlock-northern hardwood forest. *Journal of Ecology* 92: 464-476.