

# **ANALIZA ZMIAN SZEROKOŚCI SŁOJÓW ROCZNYCH DREWNA DĘBÓW SZYPUŁKOWYCH *QUERCUS ROBUR* L. POZYSKANYCH Z ZAMIERAJĄCEGO DRZEWOSTANU NADWARCIAŃSKIEGO**

**Andrzej Czerniak, Dariusz Kayzer, Małgorzata Górna, Karolina Krzemińska**

## **Abstrakt**

Jedną z przyczyn zamierania dębów nadwarciańskich upatruje się w zmianach warunków wodnych wynikających z regulacji przepływów Warty po wybudowaniu zbiornika Jeziorsko. W pracy przyjęto, że indykatorem stanu zdrowotnego dębów może być szerokość słoju rocznego drewna.

Celem pracy było określenie ewentualnych zmian szerokości słoju rocznego drewna dębów szypułkowych, które mogły wynikać z oddziaływania zbiornika retencyjnego oraz wielkości opadów atmosferycznych w okresach wegetacyjnych. Ocenę różnic w przyrostach słoju drewna dokonano używając narzędzi dwukierunkowej analizy wariancji. Szczegółową analizę przeprowadzono przy użyciu kontrastów testujących interakcje.

Przeprowadzona analiza wykazała, że prawdopodobną przyczyną osłabienia kondycji badanego drzewostanu dębowego w Nadleśnictwie Konstakowo były mniejsze od średniej z wielolecia opady atmosferyczne w okresach wegetacyjnych: 2003–2005.

## **ANALYSIS OF CHANGES IN ANNUAL RING WIDTH OF COMMON OAKS *QUERCUS ROBUR* HARVESTED FROM THE DYING STAND AT THE WARTA RIVER**

## **Abstract**

Changes in water conditions resulting from the regulation of the Warta flows following the construction of the Jeziorsko reservoir are considered to be one of the causes for the dying of oaks growing at the Warta River. It was assumed in the study that annual ring width may be the indicator of health state of oaks.

The aim of the study was to determine the effect of possible changes in annual ring width in common oaks, which could have resulted from the impact of the storage reservoir and the precipitation totals in the vegetation seasons. Differences in ring increments were assessed using the tools of the two-way analysis of variance. Detailed analysis was conducted with the use of contrasts testing interactions.

The analysis showed that a probable cause of the deteriorated health state of the investigated oak stand in the Konstantynowo Forest Division were precipitation levels lower than the multiannual means, recorded during vegetation seasons 2003–2005.

## Wstęp

Obecnie w Polsce drzewostany dębowe zajmują powierzchnię około 630 tys. ha, co stanowi blisko 7% całkowitej powierzchni lasów. Od początku lat 80. XX wieku obserwuje się w Europie i na świecie masowe zamieranie drzewostanów dębowych. W Polsce największe nasilenie procesów zamierania dębów miało miejsce na przełomie lat 1983–84 i rozpoczęło się w Wielkopolsce, na tzw. Płycie Krotoszyńskiej (Oszako i in. 2002). W ostatnich latach pozyskanie drewna dębowego w ramach cięć sanitarnych wzrosło do nienotowanej od wielu lat wielkości i przekroczyło 800 tys. m<sup>3</sup> (2001/02 – 252 757 m<sup>3</sup>) (Hilszczański i Sierpiński 2006).

Przyczyny zamierania dębów w Europie są na ogół następstwem kompleksowego, synergicznego działania szkodliwych czynników abiotycznych i biotycznych. Główne przyczyny zamierania dębów upatruje się w:

- częstszych i dłużej trwających okresach susz będących następstwem zmian warunków klimatycznych,
- szkodliwym oddziaływaniu gazowych i pyłowych zanieczyszczeń powietrza i gleby,
- chorobach grzybowych i gradacjach owadów.

Niekorzystne oddziaływanie czynników abiotycznych osłabia drzewostany doprowadzając je do fazy zamierania właściwego, przy udziale owadów i grzybów patogenicznych (Kamiński i inni, 1992, Siwecki 1994).

Ważniejsze gatunki patogenicznych grzybów atakujących dęby: *Ophiostoma quercu*, *Ophiostoma piceae* (Münch), *Phytophthora cinnamoni*, *Fusarium solani* (Mart.), *Armillaria mellea* (Vahl. ex Fries) Kummer, *Armillaria tabescens*, *Armillaria bulbosa* (Barla) Kile et Watling, *Armillaria ostroyae* (Romagn.).

Główne gatunki szkodliwych owadów powodujących zamieranie dębów w Europie: *Tortrix viridana* L., *Agrilus biguttatus* (Fabr.), *Scolytus intricatus* (Ratz.), *Lymantria dispar* (L.), *Lymantria monacha*, *Agrilus Augustulus*, *Agrilus sulcicollis* Lacord. Zdecydowanie najważniejszym gatunkiem owada powodującym zamieranie dębów jest opiętek dwupłamkowy (*Agrilus biguttatus* Fabr.).

Celem pracy była ocena zmian szerokości słoików rocznych drewna dębów szypułkowych pozyskanych z zamierającego drzewostanu nadwarciańskiego. Jako wskaźnik stanu zdrowotnego zamierającego drzewostanu przyjęto wielkości przyrostów słoików rocznych drewna. Jako hipotezę wyjściową przyjęto, że zmiany szerokości przyrostów rocznych drewna, mogły wynikać z oddziaływania zbiornika retencyjnego oraz wielkości opadów atmosferycznych w ostatnich kilku latach. Ocenę różnic w przyrostach słoików drewna dokonano używając narzędzi dwukierunkowej analizy wariancji. Szczegółową analizę przeprowadzono przy użyciu kontrastów testujących interakcje.

## Charakterystyka terenu badań

Nizinny zaporowy zbiornik Jeziorsko o powierzchni maksymalnej 4230 ha i całkowitej pojemności 202,8 mln m<sup>3</sup> powstał przez spiętrzenie wód Warty, między 484,3 a 503,8 km jej biegu. Budowę rozpoczęto w 1975 r., wstępne napełnianie prowadzono we wrześniu 1986 r. Pełen zakres piętrzenia i gospodarki wodnej podjęto w marcu 1992 r. Eksploatację elektrowni rozpoczęto w 1995 r. Całość inwestycji zakończono w grudniu 1996 r. (Orłowski 1999). Zbiornik zmniejsza zagrożenia powodziowe w dolinie rzeki Warty oraz zwiększa przepływy rzeki w okresach niżówkowych (Przedwojski i inni 1993).

Przed budową zbiornika lasy położone na tarasie zalewowym Warty były okresowo podtapiane, a woda zasilająca starorzecze oraz lokalne rezerwuary uzupełniała niedobory wody opadowej w okresach suszy. Zakłócenia warunków wodnych na obszarach zalewowych mogą poważnie zmieniać charakter siedlisk (Miler 1999, Pluciennik i Matecki 1999).

Na badanym terenie występuje lej depresyjny. W latach z mniejszymi opadami (1989–1993), przy wzmożonej eksploatacji wód podziemnych na ujęciu Mosina-Krajkowo zasięg leja depresyjnego obejmuje rozległe tereny doliny Warty w kierunku Rogalina oraz tereny Wielkopolskiego Parku Narodowego. Ocenia się, że wielkość leja sięga obszaru o powierzchni ok. 130 km<sup>2</sup>. Poszerzanie się leja depresji wywołane suszą i nadmiernym okresowo poborem wody zostało zahamowane wystąpieniem stanu powodziowego, który miał miejsce zimą i wiosną 1994 roku oraz stanem powodziowym w lipcu i sierpniu 1997 roku.

Wytypowana powierzchnia badawcza z zamierającym 140-letnim drzewostanem dębowym, znajduje się na terenie Nadleśnictwa Konstantynowo, w leśnictwie Jaskowo (oddział 142i). Nadleśnictwo położone jest w zachodniej części dzielnicy środkowej, która charakteryzuje się małymi opadami (średni opad roczny – 507,0 mm). Średnia temperatura stycznia wynosi –1,4°C, lipca 18,2°C, roczna 8,3°C; okres wegetacyjny trwa 210–220 dni, pokrywa śnieżna zalega 38–60 dni.

## Metody badań

Na powierzchni doświadczalnej wytypowano metodami dendrometrycznymi 6 drzew modelowych. Ze ściętych w pierwszym kwartale 2007 roku drzew pozyskany został materiał badawczy w postaci krążków drewna z odziomkowej części pnia. W trakcie prac kameralnych dokonano pomiaru szerokości słoju przyrostu rocznego drzew przyrostomierzem Codima z dokładnością do 0,01 mm. Na każdym krążku wyznaczone zostały cztery ścieżki pomiarowe. Pomiar na każdym promieniu przekroju poprzecznego krążka drewna wykonywany był dwukrotnie, (od rdzenia w kierunku kory i w kierunku odwrotnym). Uzyskane wyniki zostały uśrednione.

Wyniki pomiarów zostały zanalizowane z zastosowaniem metod statystycznych. W obliczeniach uwzględniono szerokości przyrostów rocznych drewna z przedziału lat od 1978 do 2006 roku.



**Fot. 1.** Powierzchnia doświadczalna (fot. A. Czerniak)  
*Photo 1. Experimental area (photo A. Czerniak)*



**Fot. 2.** Przekrój pnia (fot. A. Czerniak)  
*Photo 2. Cross-section of the trunk (photo A. Czerniak)*

Do analizy szerokości słoików rocznych drewna zastosowano analizę wariancji dla dwuczynnikowego modelu liniowego (Searle 1971). Przyjęto, że szerokość słoika rocznego drewna ( $y_{ijk}$ )  $j$ -tego drzewa ( $j = 1, \dots, 6$ ) w  $i$ -tym roku ( $i = 1, \dots, 40$ ) oraz  $k$ -tym powtórzeniu ( $k = 1, \dots, 4$ ) można zapisać w postaci:

$$y_{ijk} = m + a_i + b_j + (ab)_{ij} + e_{ijk} \quad (1)$$

gdzie:

- $m$  – średnia ogólna,
- $a_i$  – efekt  $i$ -tego roku (czynnik A),
- $b_j$  – efekt  $j$ -tego drzewa (czynnik B),
- $(ab)_{ij}$  – efekty interakcji drugiego rzędu,
- $e_{ijk}$  – błędy losowe.

Symbolem  $a_1$  oznaczono efekt szerokości słoika drewna z ostatniego roku przed pozyskaniem (2006), symbolem  $a_2$  oznaczono efekt szerokości słoika drewna z roku 2005, itd.

Diagnoza przyczyny zamierania dębów w Leśnictwie Jaszkowo została przeprowadzona na podstawie analizy kontrastów (Seber 1980):

- porównującego przeciętną wartość przyrostów rocznych drewna z 20-letniego okresu po roku 1986 (wstępne napełnienie zbiornika Jeziorsko) ( $A_1$ ) z przeciętną wartością przyrostów rocznych z 20-letniego okresu poprzedzającego ten rok ( $B_1$ ):

$$\varphi_1 = A_1 - B_1 = \frac{1}{20}a_1 + \frac{1}{20}a_2 + \dots + \frac{1}{20}a_{20} - \frac{1}{20}a_{21} - \dots - \frac{1}{20}a_{40} \quad (2)$$

- porównującego przeciętną wartość przyrostów rocznych drewna z 14-letniego okresu po roku 1992 (pełen zakres piętrzenia zbiornika Jeziorsko) ( $A_2$ ) z przeciętną wartością przyrostów rocznych z 14-letniego okresu poprzedzającego rok 1986 (wstępne napełnienie zbiornika Jeziorsko) ( $B_2$ ):

$$\varphi_2 = A_2 - B_2 = \frac{1}{14}a_1 + \frac{1}{14}a_2 + \dots + \frac{1}{14}a_{14} - \frac{1}{14}a_{21} - \dots - \frac{1}{14}a_{34} \quad (3)$$

- porównującego przeciętną wartość przyrostów rocznych drewna z lat 2003–2006 ( $A_3$ ) z przeciętną wartością przyrostów rocznych drewna z lat 1999–2002 ( $B_3$ ):

$$\varphi_3 = A_3 - B_3 = \frac{1}{4}a_1 + \frac{1}{4}a_2 + \frac{1}{4}a_3 + \frac{1}{4}a_4 - \frac{1}{4}a_5 - \frac{1}{4}a_6 - \frac{1}{4}a_7 - \frac{1}{4}a_8 \quad (4)$$

Wartości przeciętnych przyrostów rocznych drewna dębów szypułkowych odniesiono do podstawowych parametrów fizyko-chemicznych charakteryzujących opady atmosferyczne na powierzchni badawczej.

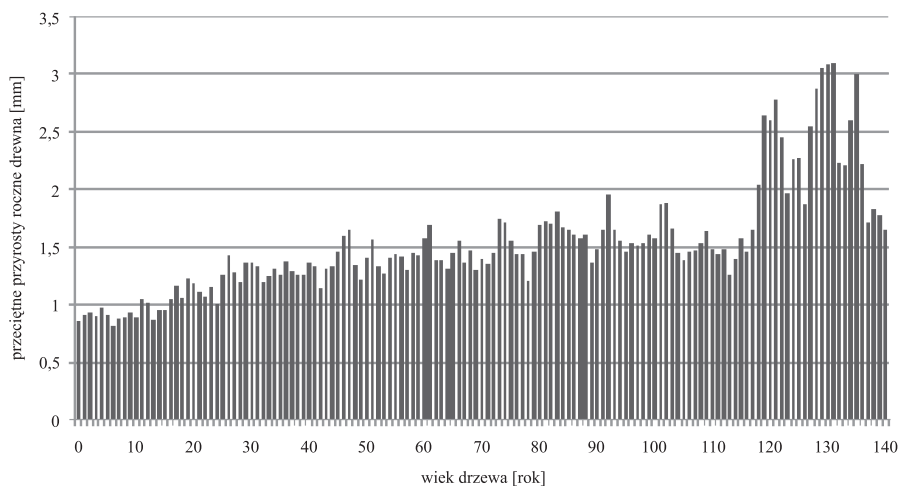
Uwzględniono następujące parametry:

- roczne sumy opadów w latach 2002–2006,
- sumy opadów atmosferycznych w okresach wegetacyjnych w latach 2002–2006,

- pH opadów (średnia ważona, średnia roczna, wartość minimalna),
- przewodnictwo elektryczne opadów (średnia ważona, wartość maksymalna),
- depozycja: siarczanów, chlorków i azotanów.

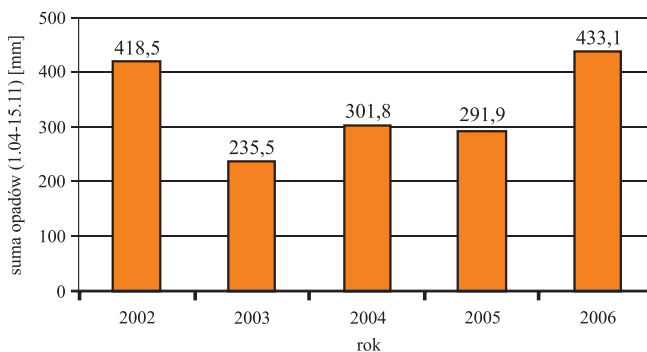
## Wyniki badań i dyskusja

Średnie szerokości przyrostów rocznych drewna 140-letnich dębów przedstawiono na rycinie 1. Sumy opadów atmosferycznych na powierzchni badawczej w okresach wegetacyjnych dębów (1.04–15.11) w latach 2002–2006 obrazuje rycina 2.



**Ryc. 1.** Wartości przeciętnych przyrostów rocznych drewna dębów szypułkowych *Quercus robur* L.

*Fig. 1. Average values of annual growth rings of common oaks *Quercus robur* L.*



**Ryc. 2.** Suma opadów atmosferycznych na powierzchni badawczej w okresie wegetacyjnym w latach 2002–2006

*Fig. 2. Sums of precipitation in the analyzed area in the vegetation seasons 2002–2006*

Odnotowane sumy opadów atmosferycznych w analizowanych okresach były różnicowane. Szczególnie niewielkie opady wystąpiły w roku 2003, które dla okresu wegetacyjnego wynosiły 235,5 mm. Podstawowe parametry charakteryzujące opady atmosferyczne zamieszczono w tabeli 3.

Wyniki analizy wariancji szerokości przyrostów rocznych drewna (z ostatnich czterdziestu lat) badanych dębów pozyskanych w Leśnictwie Jaszkowo przedstawione zostały w tablicy 1. Uzyskane wyniki pozwalają z dużym prawdopodobieństwem uznać, że analizowane szerokości przyrostów rocznych drewna dębów w poszczególnych latach są różne. Analiza dwóch pierwszych kontrastów (tab. 2) wykazała, że po wybudowaniu zbiornika Jeziorsko przyrosty roczne drewna dębów w analizowanym wydzieleniu były większe niż przed regulacją przepływów Warty. Przeciętna wartość przyrostów rocznych drewna z 20-letniego okresu po roku 1986 (wstępne napełnienie zbiornika Jeziorsko) była wyższa o 0,71 mm od przeciętnej wartości przyrostów rocznych z 20-letniego okresu poprzedzającego rok 1986.

**Tab. 1.** Analiza wariancji dla szerokości przyrostów rocznych drewna dębów szypułkowych *Quercus robur L.*

*Tab. 1. Analysis of variance for annual ring widths of common oaks *Quercus robur L.**

Źródła zmienności	Stopnie swobody	Sumy kwadratów	Średnie kwadraty	Statystyki testowe F	Empiryczne poziomy istotności
Rok	39	292,4	7,50	13,23	< 0,0001
Drzewo	5	127,1	25,43	44,87	< 0,0001
Interakcja	195	223,1	1,14	2,02	< 0,0001
Błąd	720	408,0	0,57	–	–
Ogółem	959	1050,6	–	–	–

**Tab. 2.** Kontrasty testujące przeciętne wartości przyrostów rocznych drewna

*Tab. 2. Contrasts testing average values of annual ring widths*

Kontrasty	$A_s$	$B_s$	Różnice $A_s - B_s$	Statystyki testowe F	Empiryczne poziomy istotności
$\varphi_1$	2,38	1,67	0,71	211,2	< 0,0001
$\varphi_2$	2,43	1,70	0,73	158,2	< 0,0001
$\varphi_3$	1,75	2,51	-0,76	114,62	< 0,0001

Przeciętna wartość przyrostów rocznych drewna z 14-letniego okresu po roku 1992 (pełen zakres piętrzenia zbiornika Jeziorsko) była wyższa o 0,73 mm w po-

równaniu do przeciętnej wartości przyrostów rocznych z 14-letniego okresu poprzedzającego rok 1986 (wstępne napełnienie zbiornika Jeziorsko).

Regulacja przepływów Warty ograniczyła wielkość wylewów a tym samym zmieniła warunki wodne na badanej powierzchni. Deficyt wody w latach 1994 i 1997 został jednak zrekompenzowany zwiększoną ilością opadów atmosferycznych. W efekcie przyrosty drewna w latach 1994–2002 przekroczyły wartości średnie. Natomiast analiza trzeciego kontrastu wykazała, że w latach 2003–2006 przyrosty roczne drewna charakteryzowały się znacząco mniejszymi wartościami (średnio o 0,76) niż w latach 1999–2002. Mogło to być spowodowane między innymi niewystarczającą ilością opadów (poniżej 300 mm) odnotowanych na tym terenie w okresach wegetacyjnych: 2003–2005 (ryc. 2), przy średniej z wielolecia wynoszącej 408 mm.

Wpływ na osłabienie stanu zdrowotnego dębów mogły też mieć zmiany chemizmu opadów atmosferycznych. W tabeli 3 podano średnie ważone wartości pH dla okresów wegetacyjnych. W latach 2002–2005 wartości tego parametru są mało zróżnicowane (4,57–4,78), natomiast w 2006 roku wartość średnia pH jest znacznie większa i wynosi 5,07 jednostek. Średnie wartości pH odpowiadające opadom z całego roku kalendarzowego były odpowiednio niższe o około 0,2 jednostki pH co wskazuje na większe zakwaszenie opadów poza okresem wegetacyjnym. Najmniejszą wartość pH w czasie wegetacji dębów (3,73) stwierdzono 7.11.2005. Badania wykazały, że największe zakwaszenie opadów wystąpiło w latach o małej ilości opadów atmosferycznych.

Średnie ważone wartości przewodnictwa elektrycznego wynikające z zawartości substancji rozpuszczonych w opadach atmosferycznych przyjmuje się jako miarę ich zanieczyszczenia. W badanych okresach wegetacyjnych średnie ważone wartości tego parametru zawierały się w przedziale od 22,4 do 28,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , natomiast w roku 2003 – 36,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Maksymalne przewodnictwo elektryczne opadów odnotowano 15.05.2006 (147,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

W tablicy 3 zamieszczono również wartości depozycji: siarczanów, azotanów i chlorków obliczone jako sumy ilorazów stężeń odpowiednich jonów i wysokości opadów poszczególnych epizodów opadowych. Przeprowadzone analizy wykazały, że główny składnik kwasotwórczy stanowiły siarczany. Ich depozycja wynosiła od 7,2 kg/ha w 2005 roku do 14,3 kg/ha w 2002 roku. Wartości depozycji siarczanów wykazywały dużą zmienność. Mniejsze zróżnicowanie stwierdzono w przypadku depozycji azotanów: od 4,6 kg/ha (2004 i 2006) do 6,2 kg/ha (2003). Maksymalną ilość zdeponowanych jonów chlorkowych (3,1 kg/ha) odnotowano w roku 2003 charakteryzującym się najmniejszą sumą opadów atmosferycznych (338,1 mm).

Przeprowadzone badania wykazały, że w latach charakteryzujących się opadami atmosferycznymi na poziomie wartości średnich, wielkości przyrostów rocznych drewna były duże. Deficyt wody na badanym terenie wynikający z uregulowania Warty (brak wylewów) pokrywany był poprzez filtrację z koryta racjonalnie alimentowanej rzeki. Filtracja spowodowana była podwyższaniem stanów wody w korycie poprzez dodatkowe zrzuty wody ze zbiornika. Proces filtrowania wynikał także z intensywnego parowania w dolinie, co powodowało obniżenie stanów wód gruntowych i dopływ gruntowy wody z koryta do doliny rzeki.



**Tab. 3.** Podstawowe parametry charakteryzujące opady atmosferyczne w latach 2002–2006  
*Tab. 3. Basic parameters describing precipitation in the years 2002–2006*

Rok	Roczna suma opadów atmosferycznych [mm]	pH			Przewodnictwo elektryczne [ $\mu\text{S/cm}$ ]		Depozycja w okresie wegetacji [kg/ha]		
		Średnia ważona w okresie wegetacji	Średnia roczna ważona	Wartość minimalna	Średnia ważona w okresie wegetacji	Wartość maksymalna	Siarczany	Chlorki	Azotany
2002	613,2	4,61	4,32	3,98	24,3	74,8	14,3	2,3	5,6
2003	338,1	4,78	4,47	4,08	36,3	118,0	8,8	3,1	6,2
2004	452,0	4,57	4,37	3,88	27,9	87,4	8,9	2,0	4,6
2005	529,5	4,65	4,42	3,73	28,3	110,0	7,2	1,1	5,1
2006	552,0	5,07	4,80	3,90	22,4	147,2	10,0	2,7	4,6

W latach charakteryzujących się bardzo małymi opadami zasilanie doliny wodą poprzez proces filtracji było niewystarczające. Dodatkowo na stan zdrowotny badanych dębów mógł mieć wpływ niekorzystny chemizm opadów w latach suchych.

Zmiany klimatyczne, a przede wszystkim długotrwałe okresy suszy, mają decydujący wpływ na fazę osłabiania drzewostanów dębowych. Wskazują na to badania drzewostanów dębowych niesąsiadujących z uregulowanymi rzekami. Przykładem mogą być wyniki badań, które zostały przeprowadzone na Płycie Krotoszyńskiej. Prowadzone na tym terenie badania wykazały, że dwuletnie okresy suszy (lata 1982–1983) oddziałują na fizjologiczne procesy u dębów na przestrzeni następujących sześciu lat (Siwecki 1994). Osłabione niedostatkiem wody drzewostany dębowe stają się podatne na tzw. patogeny słabości: grzyby rozwijające się na korzeniach oraz owady. Lata suche sprzyjają również rozwojowi populacji opiółka dwupłatkowego, który z reguły jako pierwszy gatunek z grupy kambiofagów zasiedla osłabione dęby (Hilszczański i Sierpiński 2006).

Wobec deficytu wody na terenach uprzednio zlewowo-nych, a obecnie zasilanych głównie opadami atmosferycznymi i filtracją gruntową, konieczne jest: podejmowanie działań zmierzających do efektywnej gospodarki wodą w nawiązaniu do zasad hodowli lasu (Suliński 1998), realizowanie programu małej retencji oraz zasilanie starorzeczy poprzez budowę systemów kanałów. Tego rodzaju działania podejmowane są w wielu nadleśnictwach, między innymi w nadleśnictwie Konstantynowo, gdzie prowadzone były niniejsze badania (Program Małej Retencji Wodnej 2005). W przypadku budowy dużych zbiorników retencyjnych na terenach leśnych konieczna jest ocena oddziaływania obiektu na środowisko leśne (Czeraniak i Pelc 2006).

## **Wnioski**

- 1) Kontrasty porównujące przeciętne wartości przyrostów rocznych drewna dębów wskazują, że w latach z opadami atmosferycznymi średnimi i wysokimi, pomimo braku okresowego zalewania, szerokości sło- jów nie wskazywały na zły stan zdrowotny drzewostanu.
- 2) Kontrast porównujący przeciętną wartość przyrostów rocznych drewna z lat 2003–2006 z przeciętną wartością przyrostów rocznych drewna z lat 1999–2002 wskazuje, że prawdopodobną przyczyną osłabienia dębów może być niewystarczająca wielkość opadów atmosferycznych w okresach wegetacyjnych 2003–2005.
- 3) Dodatkowym czynnikiem negatywnie oddziałującym na badany drzewostan mógł być niekorzystny chemizm opadów atmosferycznych w latach suchych. Osłabione niedostatkiem wody drzewostany dębowe stały się podatne na patogeny słabości, głównie opiółka dwupłatkowego.
- 4) Na terenach zalewo-nych zasilanych po regulacji rzeki opadami atmosferycznymi i filtracją gruntową konieczne jest: podejmowanie działań zmierzających do efektywnej gospodarki wodą, realizacja obiektów małej retencji i magazynowanie wody w starorzeczach.

## Literatura

- Czerniak A., Pelc Z. 2006. *Identyfikacja efektów przyrodniczych po wybudowaniu zbiornika retencyjnego „Jeżewo” w Nadleśnictwie Piaski*. Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska. Rocznik XV. Zeszyt 2 (34): 71–79.
- Hilszczański J., Sierpiński A. 2006. *Opiętek dwuplamkowy główny sprawca zamierania dębów w Polsce*. Notatnik Naukowy Instytutu Badawczego Leśnictwa 3(71)/2006(XIV).
- Kamiński B., Czerniak A., Jankowiak O., Perzanowski G. 1992. *Wpływ spiętrzenia wody w zbiorniku retencyjnym na przyrost sąsiadujących z nim różnowiekowych drzewostanów sosnowych*. Sylwan 8: 5–14.
- Miler A. 1999. *Variability of the Warta river discharge in Poznań*. Roczn. AR Poznań., Melior. Inż. Środ. 20, cz. I: 447, 452.
- Orłowski W. 1999. *Techniczna charakterystyka zbiornika retencyjnego Jeziorsko na Warcie. Konferencja Naukowo-Techniczna. Eksploatacja i oddziaływanie dużych zbiorników nizinnych (na przykładzie zbiornika wodnego Jeziorsko)*. Uniejów, 20–21.V.1999: 7–8.
- Oszako T., Hilszczański J., Lech P. 2002. *Ewolucje stanu zdrowotnego drzewostanów dębowych w Polsce*. IV Krajowe Sympozjum. Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. Materiały-tom 2. Poznań-Kórnik, 29.V.–1.VI.2001 r. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 967–973.
- Pluciennik B., Matecki K. 1999. *Wpływ zbiornika Jeziorsko na tereny przyległe i usuwanie ujemnych skutków piętrzenia*. Konferencja Naukowo-Techniczna. Eksploatacja i oddziaływanie dużych zbiorników nizinnych (na przykładzie zbiornika wodnego Jeziorsko). Uniejów, 20–21.V.1999: 211–212.
- Program Małej Retencji Wodnej na terenie działania Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Poznaniu (2005)*. Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska „BIPROWODMEL” Sp. z o.o. w Poznaniu; 60–577 Poznań ul. Dąbrowskiego 138.
- Przedwojski B., Przybyłek J., Rambeza L. 1993. *Wpływ zbiornika Jeziorsko na stosunki wodne w dolinie Warty*. Zesz. Nauk. AR Wroc. 233: 194–196.
- Searle S. E. 1971. *Linear Models*. Wiley, New York.
- Seber G. A. F. 1980. *The Linear Hypothesis: A General Theory*. Charles Griffin, London.
- Siwecki R. 1994. *Globalne zmiany klimatyczne a zamieranie dębów*. Sylwan. Nr 10, Warszawa: 43–56.
- Suliński J. 1998. *Spojrzenie na wybrane zagadnienia kształtowania się stosunków wodnych w lesie w nawiązaniu do Zasad Hodowli Lasu i Instrukcji Urządzania Lasu*. Materiały z sympozjum. Rola planu inżynierskiego zagospodarowania lasu w wielofunkcyjnej i zrównoważonej gospodarce leśnej. Warszawa (1998): 62–63.

**Andrzej Czerniak<sup>1</sup>, Dariusz Kayzer<sup>2</sup>,  
Małgorzata Górna<sup>1</sup>, Karolina Krzemińska<sup>1</sup>**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>1</sup>Katedra Inżynierii Leśnej, aczerni@up.poznan.pl

<sup>2</sup>Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych dkayzer@up.poznan.pl