

Wykorzystanie lat wskaźnikowych do oceny wpływu reżimu rzeczno-ego na warunki wzrostu drzew w dolinie Warty

*Bernard Okoński, Marcin Koprowski, Władysław Danielewicz,
Antoni T. Miler, Adrian Kasztelan*

Abstrakt. Lasy dolin dużych rzek to złożone i bogate ekosystemy. Główny ekologiczny czynnik kształtujący ich występowanie to oddziaływanie wód rzecznych, które modulują specyficzne warunki siedliskowe w zależności od natężenia, wpływając bezpośrednio na warunki wzrostu drzew leśnych. Reżim rzeczny wyraża zestaw różnych charakterystyk przepływów i stanów wody w rzece, związanych z występowaniem okresów wezbrań i niżówek, zjawisk ekstremalnych, susz hydrologicznych, zalewów powierzchniowych. To również charakterystyka przyczyn wzniosłów i spadków stanów wody w rzece. Cel pracy to prezentacja wstępnych wyników badań oddziaływania reżimów rzecznych na przyrosty promieniowe jesionu wyniosłego na przykładzie środkowego odcinka Warty. Na podstawie analizy lat wskaźnikowych stwierdzono, że czynnik hydrologiczny związany z oddziaływaniem wody w rzece dla wybranego stanowiska modulowany jest w znacznym stopniu przez warunki klimatyczne. Taki stan jest prawdopodobnie efektem jedynie okresowego silnego oddziaływania wód rzecznych w strefie zalewów epizodycznych.

Słowa kluczowe: Warta, ekosystemy leśne, reżim rzeczny, dendrohydrologia, jesion, dąb, wiąz

Abstract. Application of pointer years to assess the effect of river regime on growth conditions of trees in the Warta river valley. Forests in valleys of the large rivers are complex and rich ecosystems. The main ecological driver determining distribution of these ecosystems is the effect of river hydrology, which can be considered as multidimensional influence. River shapes unique habitat conditions, varying depending on intensity of hydrologic influence. River also impacts directly vegetation growth conditions. The river regime is expressed by a set of characteristics that include river stages and discharges, high and low water periods, extreme hydrologic episodes, droughts and flooding episodes, causes and temporal distribution of stage or discharge changes. The aim of the paper is to present the initial results from a European ash stand located in the middle section of the Warta river. Pointer years analysis indicated that hydrologic factor related to impact of river is modulated largely by climatic conditions. The cause might be probably ascribed to infrequent strong influence of river in area of episodic flooding.

Key words: Warta river, forest ecosystems, river regime, dendrohydrology, ash, oak, elm

Wprowadzenie

Sieć dolin rzecznych dużych i średnich rzek pokrywa ponad 10% powierzchni obszarów nizinnych w Europie. W dolinach rzecznych dominujący komponent naturalnej roślinności to lasy tworzące wraz z innymi formami roślinności często bardzo zróżnicowany przestrzennie układ mozaikowy (Klimo i Hager 2001). Lasy aluwii rzecznych uznaje się za formę roślinności azonalnej, choć bardzo silnie lokalnie uwarunkowanej (Keddy 2010). W Europie Środkowej tworzą je głównie łągi wierzbowo-topolowe oraz lasy łąkowe z udziałem dębu szypułkowego, jesionu wyniosłego i wiązów oraz zbiorowiska o charakterze przejściowym między łąkami i łąkami. Rozkład przestrzenny roślinności leśnej w dolinie rzecznej zależy głównie od gradientu hydrologicznego warunkowanego charakterem reżimu rzecznoego oraz wyniesieniem. Czynniki sprawczy decydujący o występowaniu lasów dolinnych to oddziaływanie wód rzecznych. Jeśli oddziaływanie to ustaje z przyczyn naturalnych (np. ze względu na erozję wgłębną łóżysk rzecznych) lub w wyniku przekształceń antropogenicznych, lasy łąkowe podlegają przekształceniu w kierunku innych form roślinności – na niżu środkowoeuropejskim – głównie łąkami (Danielewicz 2008).

Specyfika lasów dolinnych wiąże się z tym, że wody rzeczne stanowią nie tylko czynnik o charakterze wyłącznie hydrologicznym warunkującym uwilgotnienie siedliska i dostępność wody, lecz także zapewniający stałą dostawę substancji odżywczych z zewnątrz w wyniku oddziaływania spadków i wzniosów stanów wody (Mitsch i Gosselink 2007). Stąd ekosystemy dolin rzecznych cechują się żyznością, dużym bogactwem gatunków roślin i zwierząt, w tym występowaniem wielu gatunków ginących i zagrożonych, niezależnie od regionu klimatycznego (Keddy 2010). Ponadto stanowią korytarze zapewniające ciągłość układów ekosystemowych i możliwość migracji różnych gatunków zwierząt, m.in. ptaków w wymiarze regionalnym i globalnym (Mitsch i Gosselink 2007).

Duża żyzność gleb dolinnych, dostęp do wody, a także możliwość wykorzystania rzek na potrzeby transportowo-komunikacyjne, a potem również energetyczne sprawiły, że od czasów prehistorycznych doliny rzeczne poddawane były silnej antropopresji. Człowiek przekształcał środowisko dolin rzecznych przez wylesienia na potrzeby rolnicze i osadnicze, zmianę struktury drzewostanów, a w okresie ostatnich 200 lat również przez intensywną zabudowę hydrotechniczną, m.in. regulację przebiegu koryt rzecznych, obwałowanie dolin i odcięcie rzeki od naturalnych obszarów zalewowych oraz budowę zbiorników retencyjnych (m.in. Starkel 2001; Mitsch i Gosselink 2007; Danielewicz 2008). Świadomość potrzeby ochrony ekosystemów obszarów dolinnych narastała stopniowo. Wzrost świadomości potrzeby ochrony obszarów dolin wynika niekiedy nie tyle ze wzrostu świadomości ekologicznej i postępu badań nad ekosystemami dolin rzecznych, lecz z kalkulacji czysto gospodarczej. Coraz częściej odstępuje się od zapobiegania zalewom rzecznoym ekstensywnie zagospodarowanych naturalnych polderów, ponieważ poniesione znaczne nakłady finansowe nie gwarantują skutecznego zabezpieczenia przed zalewem (m.in. Mitsch i Gosselink 2007; Kamiński i in. 2011; DuBowy 2013).

Celem niniejszej pracy jest prezentacja wstępnych wyników dotyczących oddziaływania reżimu rzecznoego na przyrosty promieniowe jesionu wyniosłego oceniane na podstawie przebiegu lat wskaźnikowych z jednego stanowiska ze środkowego odcinka Warty.

Obszar badań

Powierzchnie badawcze założono w Kotlinie Śremskiej, w dolinie środkowego odcinka Warty (ryc. 1), na terenie Nadleśnictwa Jarocin, na terasie zalewowej, terasie nadzalewowej oraz na obszarze wysoczyzny poza zasięgiem oddziaływania wód rzecznych. Stanowisko, dla którego analizowano oddziaływanie wód rzecznych na przyrosty jesionu wyniosłego położone jest w wydzieleniu 189b w Uroczysku Warta, na obszarze terasy zalewowej, w zasięgu zalewów epizodycznych, tj. zalewów występujących z częstością kilkuletnią. Drzewostan w miejscu poboru próbek tworzy jesion wyniosły, dąb szypułkowy i lipa drobnolistna w wieku 136 lat o udziale odpowiednio 50%, 30% i 10% oraz grab zwyczajny, klon pospolity i klon polny, wiąz polny i wiąz szypułkowy w wieku od 93 do 136 lat (Plan... 2008). Gleby to mady brunatne. Powierzchnia terenu jest płaska, równinna, z zaznaczającymi się miejscowo obniżeniami zalądowionych starorzeczy. Przeciętna rzędna terenu na stanowisku wynosi 70,7 m n.p.m.



Ryc. 1. Lokalizacja powierzchni badawczej
Fig. 1. Location of research site

Material i metody

W ramach pracy założono powierzchnie badawcze w transektach względem gradientu hydrologicznego wynikającego z wpływu reżimu rzecznej. Wyznaczono stanowiska badawcze w pozycjach charakterystycznych ze względu na natężenie oddziaływania wód rzecznych. Gatunki drzew, które objęto badaniami, to dąb szypułkowy, jesion wyniosły oraz krajowe gatunki wiązów. Z uwagi na występujący obecnie proces zamierania jesionu wyniosłego oraz w przeszłości dębu szypułkowego, w niektórych lokalizacjach nie było możliwości wyznaczenia stanowiska wspólnego dla dębu i jesionu. Ponadto ze względu na znaczną redukcję liczebności wiązu ze względu na zjawisko ich zamierania występujące w przeszłości, krajowe gatunki wiązków wyłączono z programu badań objętych podanym wyżej schematem. Dotychczas próbki pobrano z 29 powierzchni dębowych oraz 13 jesionowych. Oba gatunki drzew występowały razem na 9 powierzchniach. Pobór próbek przyrostowych prowadzono zgodnie ze strategią EKO (Zielski i Krąpiec 2009). Na każdej powierzchni pobierano je z 15–30 drzew, wykonując wywierty po wschodniej i zachodniej stronie pnia za pomocą świdra przyrostowego. Wybierano drzewa panujące według klasyfikacji Krafta lub drzewa tworzące górne piętro w przypadku piętrowej budowy drzewostanu. Typowano drzewa bez widocznych oznak chorobowych i uszkodzeń mechanicznych. Istotnym kryterium wyboru była również jednorodność rzednych terenu dla drzew na poszczególnych stanowiskach.

Próbki przyrostowe zeskanowano z rozdzielczością 1200 dpi. Następnie dokonano pomiaru szerokości przyrostów rocznych z dokładnością 0,01 mm za pomocą programu Coorecorder (<http://www.cybis.se>). W przypadku przyrostów wątpliwych, dla których technika skanowania mogłaby okazać się zawodna, próbki były analizowane pod mikroskopem stereoskopowym Olympus SZ61. Analiza poprawności chronologii uzyskanych dla stanowiska na podstawie zestawienia poszczególnych serii osobniczych została dokonana z wykorzystaniem programu COFECHA (Holmes 1983; Grissino-Mayer 2001). Chronologie o wzorze przyrostowym wykazującym małe podobieństwo do wzoru ze stanowiska odrzucono. Seria przyrostowa, dla której rozpatrywany był rozkład lat wskaźnikowych, została utworzona z próbek osobniczych z 28 drzew.

Dane klimatyczne (miesięczne wartości temperatury powietrza i opadów atmosferycznych) pozyskano ze stacji IMGW w Kórniku (1951–2012). Dane te uzupełniono ze związków regresyjnych ze stacji IMGW w Poznaniu, uzyskując szereg sięgający 1848 roku (Okoński 2013). Wartości przepływów za okres 1822–2012 uzyskano z posterunku Poznań. Do oceny reżimów rzecznych w niniejszej pracy uwzględniono rozkład trzech miesięcy przepływów najwyższych oraz trzech miesięcy przepływów najniższych w roku (Wrzesiński 2009). Ponadto analizowano rozkład wezbrań ekstremalnych i wystąpienie susz hydrologicznych. Do oceny wpływu ekstremalnych warunków termiczno-opadowych posłużono się klasyfikacją termiczno-opadową zaproponowaną przez Lorenc (1994). Rozpatrywano okres ciepły, tj. kwiecień–październik. W obliczeniach statystycznych przyjęto zwyczajowo stosowany poziom istotności $\alpha = 0,05$.

Do oceny lat wskaźnikowych stosuje się różne metody i podejścia bazujące zarówno na seriach przyrostów indeksowanych, jak i seriach rzeczywistych przyrostów osobniczych (Meyer 1998–1999; Bijak 2008). Ocenę śladu oddziaływania reżimów rzecznych i warunków termiczno-opadowych na przyrosty roczne jesionu wyniosłego prowadzono na podstawie indeksów lat wskaźnikowych z_t obliczanych dla 7-letniego okna czasowego zdefiniowanego jako średnie kroczące. Wartość z_t oblicza się ze stosunku różnicy wartości bieżącego przyrostu oraz 7-letnich średnich kroczących ($x_{sr,7}$) do odchyłań standardowych dla tych 7 lat (SD_7) (Gonzales 2001):

$$z_i = \frac{x_i - x_{sr.7}}{SD_7} \quad (1)$$

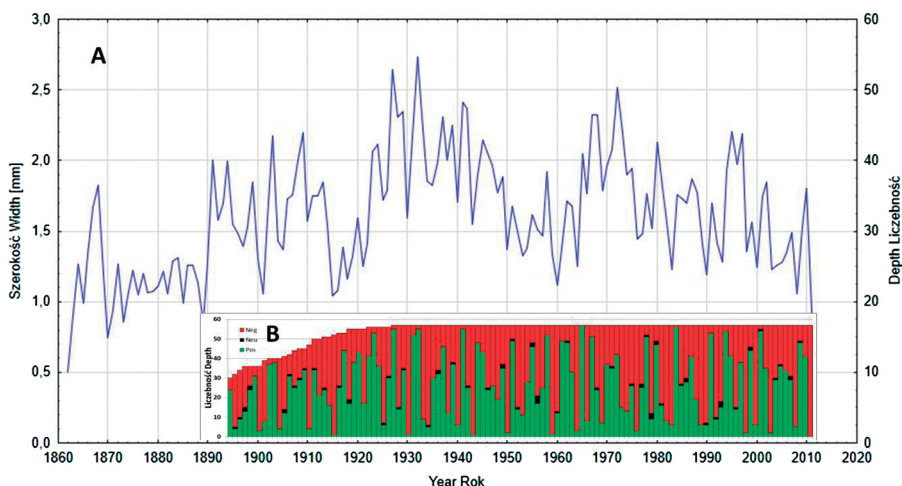
gdzie: x_i – wartość przyrostu w i -tym roku.

Przyjęto, że lata wskaźnikowe, występują wówczas, gdy kierunkowa reakcja przyrostowa negatywna lub pozytywna dotyczyła nie mniej niż 80% drzew ze stanowiska, zaś zakres indeksu z_i przyjęty dla negatywnych i pozytywnych lat wskaźnikowych to 1. i 3. kwartył zmienności całkowitej wskaźnika z_i .

Wyniki

Do tworzenia chronologii reprezentatywnej dla stanowiska wykorzystanych zostało 57 prób. Średni wskaźnik GLK wynosił 0,684, średnia wrażliwość – 0,239, średnia szerokość przyrostu – 1,70 mm, odchylenie standardowe – 0,639 mm, a średni współczynnik autokorelacji – 0,620. Średnia wartość EPS wynosiła 0,959. Wskaźnik ten przyjmował wysokie wartości w granicach od 0,956 do 0,976 dla całego zakresu czasowego serii przyrostowej. W przypadku gdy $EPS > 0,85$ uprawnione jest stwierdzenie, że serie przyrostowe przenoszą jednorodny sygnał dla populacji i są reprezentatywne dla stanowiska (Cook i Kariukstis 1990; Garcia-Suarez i in. 2009).

Chronologie rzeczywiste obejmowały wielolecie 1862–2011, przy czym do analiz lat wskaźnikowych wykorzystano serię o liczebności prób osobniczych $n \geq 30$, tj. za okres od 1894 roku. Na rycinie 2 przedstawiono uśrednioną chronologię rzeczywistą oraz liczebności drzew, dla których wystąpił wzrost, spadek oraz brak zmian przyrostów w poszczególnych latach.



Ryc. 2. Chronologia rzeczywista (A) i liczebności drzew reagujących wzrostem (zielony słupek), spadkiem (czerwony słupek) lub brakiem zmian (czarny słupek) przyrostów radialnych dla jesionu wyniosłego z badanego stanowiska

Fig. 2. Raw chronology and number of trees reacting by increase (green bar), decrease (red bar) or neutrally (black bar) in width of radial increments of European ash for the research site

Lata wskaźnikowe oraz warunki hydroklimatyczne wykorzystane do objaśnienia wystąpienia lat wskaźnikowych, tj. kategorie termiczną i opadową okresu ciepłego (kwiecień–październik), rozkład miesięcy wyżówkowych i niżówkowych w roku oraz wystąpienie ekstremalnych zjawisk hydrologicznych zestawiono w tabeli 1. Wyróżniono łącznie 15 lat wskaźnikowych

Tab. 1. Lata wskaźnikowe dla jesionu wyniosłego na tle objaśniających czynników hydroklimatycznych
Table 1. The pointer-years for European ash and the explanatory hydroclimatic factors

Rok* Year	Klasyfikacja termiczno-opadowa Thermo-pluvial classification		Charakterystyki reżimu rzecznego Parameters of river regime		
	Temperatura (4–10) Temperature Bieżący/poprzedni Current/Previous	Opady (4–10) Precipitation Bieżący/poprzedni Current/Previous	Wyżówki – miesiąc Peak flows – month Bieżący/ poprzedni Current/ Previous	Niżówki – miesiąc Low flows – month Bieżący/ poprzedni Current/ Previous	Zjawiska ekstremalne Extreme episodes
1894	Normalny/Normalny	Przeciętny/Przeciętny	3, 7, 2/3, 2, 4	8,9,10/7, 9, 8	
1899	Lekko chłodny/Lekko chłodny	Przeciętny/Przeciętny	5,1,2/2,4,3	8,10,11/9,10,6	
1901	Ciepły/Normalny	Suchy/Bardzo suchy	4,3,12/3,4,2	2,1,8/9,8,10	1901,1900 Susza hydrologiczna
1903	Normalny/Anomalnie chłodny	Wilgotny/Przeciętny	7, 5,8/4,1,3	9,1,6/12,11,9	
1909	Normalny/Normalny	Przeciętny/Wilgotny	4,3,5/3,2,1	9,10,8/11,10,7	Zalew 3 1908 Zalew 3 1909
1915	Normalny/Lekko ciepły	Przeciętny/Wilgotny	3,4,1/3,1,2	9,7,6/7,6,8	
1927	Lekko chłodny/Normalny	Wilgotny/Wilgotny	1,4,3/3,2,1	12,9,10/9,10,5	Zalew 1,4 1927, Zalew 2 1928
1930	Normalny/Normalny	Bardzo wilgotny/Suchy	4,9,3/4,6,5	7,6,5/2,10,9	1930, Susza hydrologiczna
1932	Lekko chłodny/Ciepły	Wilgotny/Wilgotny	4,1,6/3,4,1	9,10,8/8,7,9	
1940	Lekko chłodny/Normalny	Bardzo suchy/Skrajnie wilgotny	3,4,2/11,12,6	7,8,9/7,1,9	Zalew 4 1940
1943	Lekko ciepły/Normalny	Suchy/Suchy	2,3,4/4,5,1	9,8,6/9,10,11	Zalew 4 1942
1950	Normalny/Normalny	Przeciętny/Przeciętny	3,2,4/3,4,2	7,8,6/10,6,9	
1958	Przeciętny/Wilgotny	Normalny/Lekko chłodny	4,3,2/2,3/8	9,8,10/6,7,5	Zalew 4 1958
1960	Suchy/Bardzo suchy	Lekko chłodny/ Lekko ciepły	3,8,4/3,2,1	6,7,5/10,9,11	1959, Susza hydrologiczna
1964	Suchy/Bardzo suchy	Normalny/lekko ciepły	4,5,2/4,3,5	9,8,6/8,1,2	1964, 1963 Susza hydrologiczna

Rok* Year	Klasyfikacja termiczno-opadowa Thermo-pluvial classification		Charakterystyki reżimu rzecznego Parameters of river regime		
	Temperatura (4–10) Temperature Bieżący/poprzedni Current/Previous	Opady (4–10) Precipitation Bieżący/poprzedni Current/Previous	Wyzówki – miesiąc Peak flows – month Bieżący/ poprzedni Current/ Previous	Nizówki – miesiąc Low flows – month Bieżący/ poprzedni Current/ Previous	Zjawiska ekstremalne Extreme episodes
1976	Suchy/Suchy	Chłodny/Normalny	1,4,3/1,2,4	7,9,8/9,8,7	
1980	Anomalnie chłodny/ Lekko chłodny	Wilgotny/Suchy	7,8,3/3,4,5	1,9,10/8,7,9	Zalew 3 1979
1983	Bardzo suchy/ Skrajnie suchy	Ciepły/Normalny	1,4,3/3,1,2	9,7,8/9,10,8	1983, Susza hydrologiczna
1990	Normalny/ciepły	Przeciętny/Bardzo suchy	3,1,2/1,2,3	8,7,6/9,8,7	1989, 1990, Susza hydrologiczna
1998	Normalny/Lekko chłodny	Wilgotny/Przeciętny	1,3,2/8,7,12	6,9,7/1,6,2	Zalew 7–8 1997
2000	Ciepły/Ciepły	Suchy/Przeciętny	3,4,2/3,4,2	6,7,11/10,9,11	
2008	Lekko ciepły/Ciepły	Suchy/Przeciętny	2,3,4/3,2,4	7,8,6/6,9,10	
2011	Bardzo ciepły/Normalny	Przeciętny/Bardzo wilgotny	1,2,3/6,12,3	6,9,7/7,1,2	Zalew 5–6 2010

* Czcionka wytłuszczona – rok pozytywny, czcionka zwykła – rok negatywny

Bold – positive year; plain – negative year

negatywnych i 8 lat w wskaźnikowych pozytywnych. Lata wskaźnikowe negatywne występują przeważnie w przypadku suchych, bardzo suchych i skrajnie suchych okresów ciepłej pory roku (V–X) (np. 1901, 1943, 1960, 1964, 1983, 1990). Z kolei lata wskaźnikowe pozytywne występują przeważnie w przypadku normalnych i wilgotnych okresów pory ciepłej (V–X) oraz w przypadku normalnych, lekko chłodnych i chłodnych okresów pory ciepłej (V–X) (np. 1894, 1903, 1909, 1927, 1980). Lata negatywne mogą być związane z zaburzeniem normalnego rozkładu wyzówek i nizówek w roku bieżącym lub poprzednim niezależnie od ich wysokości (np. 1901, 1998, 2011), zaś lata negatywne mogą być związane z głębokimi nizówkami roku bieżącego i poprzedniego (np. 1901, 1930, 1960, 1990). Jednak w tym przypadku susza hydrologiczna może występować w zbiegu z suszą atmosferyczną (np. 1901, 1960, 1990).

Wnioski

- Dominującym czynnikiem sprawczym występowania lat wskaźnikowych dla jesionu na badanym stanowisku w strefie zalewów epizodycznych wydaje się być przebieg temperatury i opadów.

- Normalny przebieg wyżówek (I–IV) i niżówek (VII–X) nie różnicuje występowania lat wskaźnikowych. Również wezbrania wielkie półrocza zimowego (XI–IV) nie różnicują występowania lat wskaźnikowych.
- Wezbrania wielkie występujące w okresie (koniec V–VII) w roku poprzedzającym przyrost można wiązać z występowaniem lat negatywnych w roku bieżącym.

Podziękowania

Praca prezentuje część badań realizowanych i współfinansowanych w ramach projektu badawczego finansowanego przez MNiSW/NCN nr rejestracyjny N N309 708240 „Stan i przemiany ekosystemów leśnych dolin wielkich rzek w świetle rocznych przyrostów promieniowych wybranych gatunków drzew”.

Literatura

- Bijak Sz. 2008. Various factors influencing the pointer year analysis. W: Elferts D. i in. (red.). TRACE – Tree Rings in Archeology, Climatology and Ecology, 6: 77–82.
- Cook E.R., Kairiukstis L.A. 1990. Methods of Dendrochronology: applications in the environmental sciences. Kluwer Academic Publishers.
- Danielewicz W. 2008. Ekologiczne uwarunkowania zasięgów drzew i krzewów na aluwialnych obszarach dolinnych Odry. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego. Poznań.
- DuBowy P.J. 2013. Mississippi River Ecohydrology: Past, present and future, Ecohydrology & Hydrobiology, 13 (1): 73–83.
- Garcia-Suarez A.M., Butler C.J., Baillie M.G.L. 2009. Climate signal in tree-ring chronologies in a temperate climate: A multi-species approach. Dendrochronologia, 27: 183–198.
- Grissino-Mayer H.D. 2001. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. Tree-Ring Research, 57 (2): 205–221.
- Holmes R.L. 1983. Computer Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. Tree-Ring Bulletin, 44: 69–75.
- Kamiński B., Miler A.T., Okoński B., Grajewski S., Schwartz K. 2011. Floodplain Forest Technical and Monitoring Solutions for Protection of the Uroczyisko Warta Floodplain Forest. Pol. J. Environ. Stud. 20 (5): 1993–1201.
- Keddy P.A. 2010. Wetland Ecology: Principles and Conservation, Cambridge University Press.
- Klimo E., Hager H. 2001. The Floodplain Forests in Europe: Current Situation and Perspectives. European Forest Institute Research Report 10. Brill, Leiden, Boston, Köln.
- Lorenc H. 1994. Ocena zmienności temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie 1901–1993 na podstawie obserwacji z wybranych stacji meteorologicznych w Polsce. Wiad. IMGW, 38: 43–59.
- Meyer F.D. 1998–1999. Pointer year analysis in dendroecology: A comparison of methods, Dendrochronologia, 16–17: 193–204.
- Mitsch W.J., Gosselink J.G. 2007. Wetlands. Wiley-Blackwell.
- Okoński B. 2013. Przebieg temperatur i opadów, stanów wody i przepływów oraz rozkładów stref zalewowych w obszarze lasów doliny Warty w Nadleśnictwie Jarocin. Katedra Inżynierii Leśnej UP, Poznań, maszynopis.

- Plan Urządzenia Lasu Nadleśnictwa Jarocin na okres od 1 stycznia 2008 r. do 31 grudnia 2018 r. 2009. BULiGL, Poznań.
- Wrześniński D. 2009. Stabilność reżimu odpływu rzek w Polsce. W: Jankowski A., Absalon D., Machowski R., Ruman M. (red.). Przeobrażenia stosunków wodnych w warunkach zmieniającego się środowiska. Uniwersytet Śląski, Sosnowiec: 307–318.
- Starkel L. 2001. Historia doliny Wisły od ostatniego zlodowacenia do dziś. PAN IGiPZ, Monografie 2. Warszawa.
- Zielski A., Krąpiec M. 2009. Dendrochronologia. PWN. Warszawa.

**Bernard Okoński¹, Marcin Koprowski², Władysław Danielewicz³,
Antoni T. Miler¹, Adrian Kasztelan¹**

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny, Katedra Inżynierii Leśnej
okonski@up.poznan.pl
adrkasz@up.poznan.pl

² Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska,
Katedra Ekologii i Biogeografii
koper@umk.pl

³ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
Wydział Leśny, Katedra Przyrodniczych Podstaw Leśnictwa
danw@up.poznan.pl
amiler@up.poznan.pl