

Zmiany krótko- i długookresowe przyrostu promienia jodły *Abies alba* Mill. o różnym stopniu uszkodzenia w Świętokrzyskim Parku Narodowym

Rafał Podlaski

Abstrakt. Celem pracy jest analiza zmian krótko- i długookresowych przyrostu promienia jodły *Abies alba* Mill. w wieku powyżej 160 lat o różnej defoliacji (o różnym stopniu uszkodzenia) w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Do badań dendrochronologicznych wybrano losowo 40 jodeł w leśnictwach Święta Katarzyna i Święty Krzyż. Analizowano przyrost promienia pierśnicy w XX wieku. Charakterystykę tendencji przyrostu promienia wykonano przy użyciu dwóch metod: analizy falkowej (do wyodrębnienia trendów krótkookresowych) i funkcji sklejańnych (do estymacji trendów długookresowych). Analiza falkowa wykazała, że badane jodły, bez względu na stopień uszkodzenia, odznaczały się po 1990 roku rosnącym trendem przyrostu promienia. Kształt funkcji sklejańnych dowodzi, że jodły bez uszkodzeń, jodły słabo uszkodzone oraz średnio uszkodzone charakteryzowały się maksimum przyrostowym w latach 1950-1960, a następnie stopniowo zmniejszającym się przyrostem, natomiast jodły silnie uszkodzone cechowały się regularnie malejącym przyrostem.

Słowa kluczowe: jodła starszej generacji, przyrost promienia, tendencja przyrostu, analiza falkowa, funkcje sklejańne, Świętokrzyski Park Narodowy

Abstract. The objective of this study is to analyse the changes in short- and long-term radial increment of fir *Abies alba* Mill. above 160 years with different degrees of defoliation (with different degrees of damage) in the Świętokrzyski National Park. Sampling was carried out in Święta Katarzyna and Święty Krzyż forest sections, where 40 fir trees were randomly selected for the dendrochronological research. The radial increment at breast height (b.h.) in the 20th century was analysed. Two methods to characterise the tendency of increment were employed: wavelet analysis (to determine the short-term trends) and spline functions (to estimate the long-term trends). The wavelet analysis showed an increase of increment after 1990 for all fir trees investigated, regardless of the degree of damage. The spline curves showed the maximum of increment during 1950-1960 and a systematic decrease after the maximum for fir trees without damage, slightly damaged and moderately damaged, as well as a regular decrease for fir trees severely damaged.

Keywords: old-generation fir, radial increment, tendency of increment, wavelet analysis, spline functions, Świętokrzyski National Park

Wstęp

Jednym z istotnych symptomów choroby lub uszkodzenia drzewa jest przerzedzenie korony. Prześwietleniu koron sprzyjają czynniki i sytuacje stresowe, które inicjując procesy chorobowe drzew prowadzą do odwracalnych lub nieodwracalnych zmian (Sierota 1995). Defoliacja prowadzi do niekorzystnych zmian w przebiegu procesów biochemicznych i fizjologicznych, a w konsekwen-

cji do zaburzeń przemian związków organicznych (na poziomie komórki), zaburzeń obiegu związków organicznych (na poziomie tkanki) oraz do zaburzeń przyrostu drzewa (na poziomie organizmu). Różna wielkość niekorzystnych zmian procesów biochemicznych i fizjologicznych powoduje zróżnicowanie zdrowotności i żywotności drzew oraz zmianę ich dynamiki przyrostu na wysokość i przede wszystkim na grubość. Dlatego analizując zmiany krótko- i długookresowe przyrostu promienia pierśnicy można m. in. wnioskować o przebiegu zmian stopnia uszkodzenia drzew.

Celem pracy jest analiza zmian krótko- i długookresowych przyrostu promienia pierśnicy jodły *Abies alba* Mill. o różnej defoliacji (o różnym stopniu uszkodzenia) w Świętokrzyskim Parku Narodowym.

Material i metody

Material zebrano w leśnictwach: Święta Katarzyna i Święty Krzyż, w Świętokrzyskim Parku Narodowym (50°50' - 50°53'N, 20°48' - 21°05'E). Na terenie objętym badaniami zdecydowanie dominowały gleby brunatne kwaśne i płowe właściwe (Kowalkowski 2000). W tych warunkach wykształciły się zespoły *Dentario glandulosae-Fagetum*, *Abietetum polonicum* i *Quercroboris-Pinetum* (Matuszkiewicz 2008). Z danych uzyskanych na podstawie obserwacji w latach 1955-1994, przeprowadzonych na stacji meteorologicznej na Świętym Krzyżu (575 m n.p.m.) wynika, że w analizowanym okresie średnia roczna temperatura wynosiła +5,9°C, średnia temperatura stycznia -5,2°C, a lipca +15,9°C. Średnia roczna suma opadów to 923 mm. Termiczna lato trwało przeciętnie 57 dni, termiczna zima 121 dni (Olszewski et al. 2000).

W Świętokrzyskim Parku Narodowym wybrano punkty badawcze wykorzystując schemat losowania indywidualnego nieograniczonego w polach siatki Systemu Informacji o Ukształtowaniu Środowiska Przyrodniczego SINUS (Ciołkosz 1991; Olenderek 1996; Podlaski 2005). W otoczeniu wylosowanych punktów badawczych, w promieniu do ok. 100 m (w kilku przypadkach do 200 m), wybrano jodły starszej generacji, w wieku powyżej 160 lat. W 2005 roku oceniono stopień defoliacji wybranych drzew stosując „Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych” (Borecki, Keczyński 1992), a następnie każdą jodłę zakwalifikowano do jednego z wyróżnionych stopni uszkodzenia:

- 0 - drzewa bez uszkodzeń (ubytek aparatu asymilacyjnego do 10%),
- 1 - drzewa słabo uszkodzone (ubytek aparatu asymilacyjnego od 11 do 25%),
- 2 - drzewa średnio uszkodzone (ubytek aparatu asymilacyjnego od 26 do 60%),
- 3 - drzewa silnie uszkodzone (ubytek aparatu asymilacyjnego od 61%).

Badane jodły zostały nawiercone dwukrotnie do rdzenia (od strony stoku i prostopadle do pierwszego odwiertu) świdrem przyrostowym Presslera na wysokości 1,3 m od powierzchni gruntu.

Do oceny poprawności pomiaru, synchronizacji czasowej oraz oceny stopnia homogeniczności serii dla badanych jodeł wykorzystano program COFECHA (z pakietu DPL; Grissino-Mayer 2001). Ostatecznie wyselekcjonowano 40 jodeł starszej generacji. Do analizy trendów krótkookresowych zastosowano procedurę *mra* z biblioteki waveslim (Whitcher 2010; R Development Core Team 2010). Funkcja *mra* umożliwia dekompozycję szeregów czasowych z wykorzystaniem różnych długości dekompozycji ($D1 = 2^1$ lata, $D2 = 2^2$ lata, ... itd.) (Białasiewicz 2000). W badaniach dendrochronologicznych coraz częściej wykorzystywane są metody analizy czasowo-widmowej ciągów szerokości słoju. Dendroskale można traktować jako szeregi zmienne czasowo w sensie amplitudowym i częstotliwościowym. W metodach analizy czasowo-widmowej najczęściej wykorzystywana jest analiza częstotliwościowa (transformaty Fouriera - Fourier Transform - FT) oraz analiza falkowa (transformaty falkowe - Wavelet Transform - WT) (Białasiewicz 2000). Niedogodnością transformaty Fouriera jest to, że przejście z układu czas-wartość do układu częstotliwość-wartość powoduje utratę informacji o czasie; tzn. nie można określić, kiedy dane zdarzenie częstotliwościowe miało miejsce. Transformata falkowa pozwala na przeniesienie sygnału z układu czas-wartość do układu czas-częstotliwość, dzięki czemu umożliwia analizę zmiany częstotliwości sygnału w czasie; tzn. można datować dane zdarzenie częstotliwościowe (Białasiewicz 2000). Do analizy trendów długookresowych wykorzystano proce-

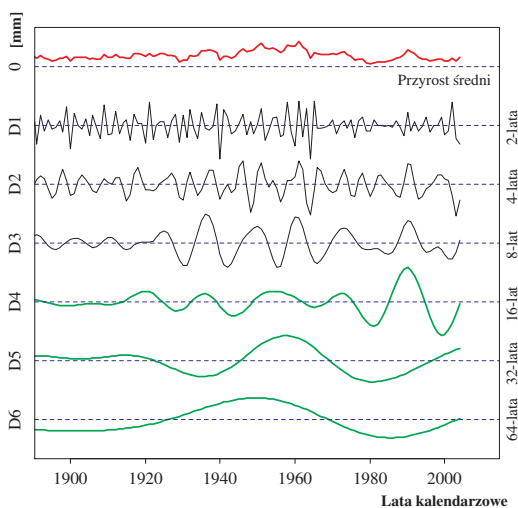
durę *chron* z biblioteki *dplR* i *smooth.spline* z pakietu *stats* (Bunn 2008; R Development Core Team 2010). Dla wyróżnionych stopni uszkodzenia obliczono średni przyrost promienia pierśnicy i wyrównano go funkcjami sklejanymi.

Wyniki i dyskusja

Analiza falkowa wykazała, że w przypadku długości dekompozycji obejmującej:

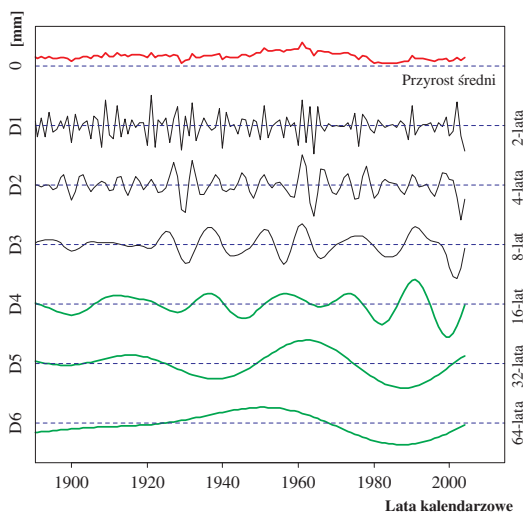
- 16 lat (D4) — jodły bez uszkodzeń, jodły słabo uszkodzone oraz średnio uszkodzone charakteryzowały się minimum przyrostowym około 1980 roku, maksimum około 1990 roku i ponownym minimum około 2000 roku, natomiast jodły silnie uszkodzone wykazywały tylko silne minimum przyrostowe około 2000 roku; wszystkie badane jodły po 2000 roku cechowały się rosnącą tendencją przyrostu promienia pierśnicy;
- 32 lata (D5) — jodły bez uszkodzeń, jodły słabo uszkodzone oraz średnio uszkodzone charakteryzowały się maksimum przyrostowym w latach 1955-1965 i minimum przyrostowym po 1980 roku, natomiast jodły silnie uszkodzone wykazywały tylko silne minimum przyrostowe po 1990 roku; wszystkie badane jodły po 1990 roku cechowały się rosnącą tendencją przyrostu promienia pierśnicy;
- 64 lata (D6) — jodły bez uszkodzeń, jodły słabo uszkodzone oraz średnio uszkodzone charakteryzowały się maksimum przyrostowym w 1950 roku i minimum przyrostowym w latach 1980-1990, natomiast jodły silnie uszkodzone wykazywały maksimum przyrostowe w 1940 roku i minimum przyrostowe po 1980 roku; wszystkie badane jodły po 1990 roku cechowały się rosnącą tendencją przyrostu promienia pierśnicy.

Transformaty falkowe charakteryzują trend krótkookresowy, długości dekompozycji obejmujące od 8 do 64 lat (D3-D6) wskazują na regenerację przyrostu jodły starszej generacji w ostatnich 15-20 latach (ryc. 1-3).



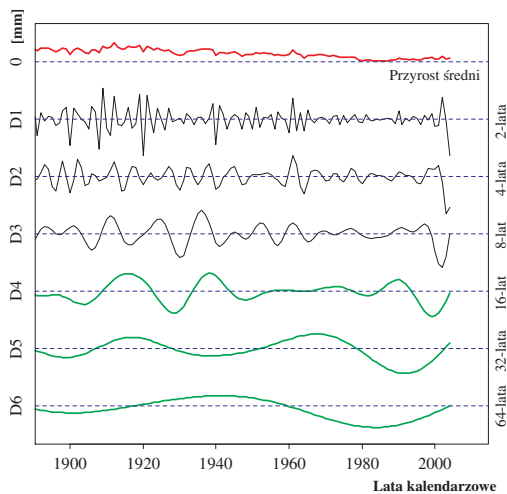
Ryc. 1. Średni przyrost promienia i dekompozycja wielorozdzielcza dla jodeł bez uszkodzeń i słabo uszkodzonych; chronologia została rozłożona w postaci kaskady od najmniejszej (D1) do największej (D6) skali z zastosowaniem falek

Fig. 1. Average radial increment and multiresolution decomposition of fir trees without damage and slightly damaged; chronology was decomposed into a cascade from the smallest (D1) to the largest (D6) scales using wavelets



Ryc. 2. Średni przyrost promienia i dekompozycja wielorozdzielcza dla jodeł średnio uszkodzonych; chronologia została rozłożona w postaci kaskady od najmniejszej (D1) do największej (D6) skali z zastosowaniem falek

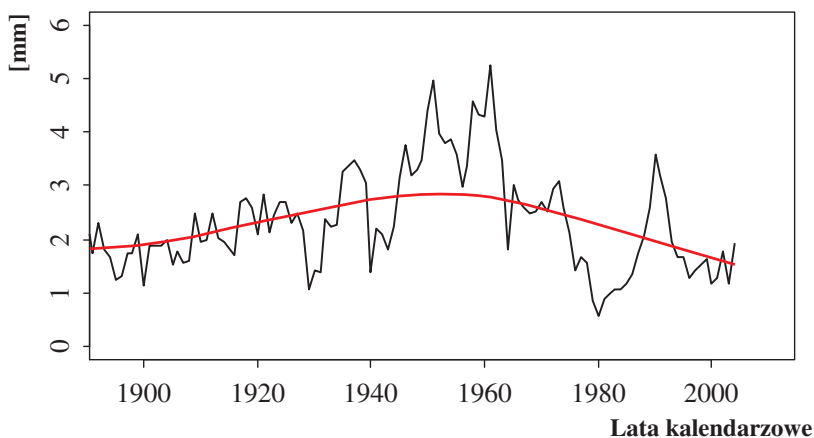
Fig. 2. Average radial increment and multiresolution decomposition of fir trees moderately damaged; chronology was decomposed into a cascade from the smallest (D1) to the largest (D6) scales using wavelets



Ryc. 3. Średni przyrost promienia i dekompozycja wielorozdzielcza dla jodeł silnie uszkodzonych; chronologia została rozłożona w postaci kaskady od najmniejszej (D1) do największej (D6) skali z zastosowaniem falek

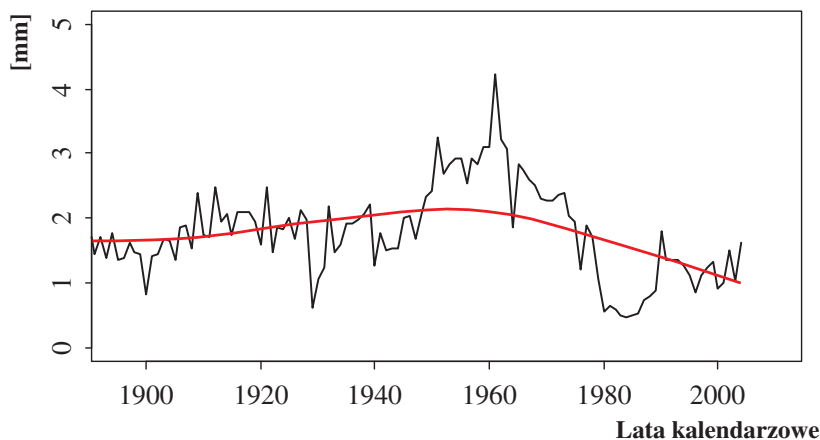
Fig. 3. Average radial increment and multiresolution decomposition of fir trees severely damaged; chronology was decomposed into a cascade from the smallest (D1) to the largest (D6) scales using wavelets

Przebieg średniego przyrostu promienia pierśnicy wyrównany funkcjami sklejanymi dowodzi, że jodły bez uszkodzeń, jodły słabo uszkodzone oraz średnio uszkodzone charakteryzowały się na ogół maksimum przyrostowym w latach 1950-1960, a następnie stopniowo zmniejszającym się przyrostem promienia pierśnicy, natomiast jodły silnie uszkodzone cechowały się malejącym przebiegiem przyrostu promienia pierśnicy w całym analizowanym przedziale czasowym, obejmującym XX wiek (ryc. 4- 6). Średni przyrost promienia pierśnicy wyrównany funkcjami sklejanymi charakteryzuje trend długookresowy (obejmujący dla badanych drzew okres ponad 100 lat).



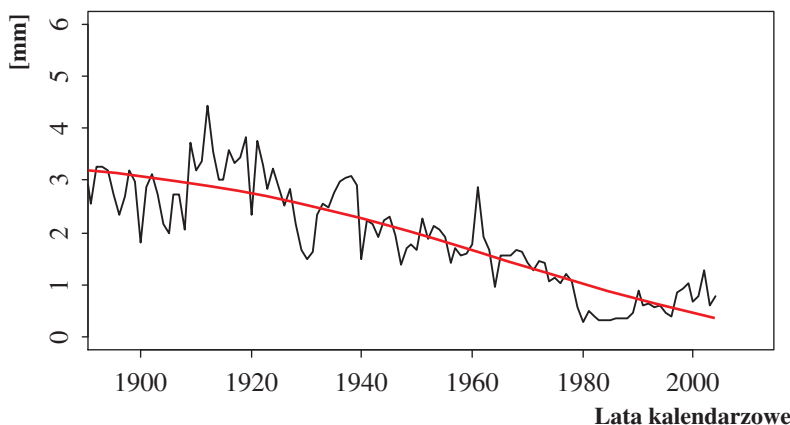
Ryc. 4. Średni i wyrównany funkcjami sklejanymi przyrost promienia jodeł bez uszkodzeń i lekko uszkodzonych

Fig. 4. Average radial increment and chronology fitted using spline functions of fir trees without damage and slightly damaged



Ryc. 5. Średni i wyrównany funkcjami sklejanymi przyrost promienia jodeł średnio uszkodzonych

Fig. 5. Average radial increment and chronology fitted using spline functions of fir trees moderately damaged



Ryc. 6. Średni i wyrównany funkcjami sklejanymi przyrost promienia jodeł silnie uszkodzonych
Fig. 6. Average radial increment and chronology fitted using spline functions of fir trees severely damaged

Analiza ciągłości występowania jodły w odnowieniu pozwala przypuszczać, że proces jej regresji nie został obecnie jeszcze całkowicie zakończony, a jodła z gatunku panującego w Świętokrzyskim Parku Narodowym w XIX i w pierwszej połowie XX wieku została gatunkiem współpanującym o mniejszym udziale niż buk (Jaworski, Podlaski 2006). Rosnący po 1990 roku trend krótkookresowy przyrostu pierśnicy sugeruje polepszenie zdrowotności i żywotności jodły, co w dalszej perspektywie powinno doprowadzić do zwiększenia udziału jodły w lasach Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

Wnioski

- Badając trend przyrostu promienia pierśnicy drzew należy oprócz trendu długookresowego uwzględniać trend krótkookresowy, który dostarcza cennych informacji o dynamice przyrostu drzewa i pośrednio o jego zdrowotności i żywotności;
- Analiza falkowa pozwala na precyzyjne określenie trendu krótkookresowego przyrostu promienia pierśnicy drzew w różnym przedziale czasowym;
- Przedstawione wyniki świadczą o regeneracji przyrostu promienia pierśnicy jodły starszej generacji, w wieku powyżej 160 lat, w Świętokrzyskim Parku Narodowym, po jego załamaniu w okresie zamierania i regresji jodły.

Literatura

- Białasiewicz J. T. 2000. *Falki i aproksymacje*. WNT, Warszawa.
- Borecki T., Keczyński A. 1992. *Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych*. Agencja ATUT, Warszawa.
- Bunn A. G. 2008. *A Dendrochronology Program Library in R (dplR)*. Dendrochronologia 26: 115-124.
- Ciołkosz A. 1991. *SINUS — System informacji o środowisku przyrodniczym*. W: Mazur S. (red.) *Ekologiczne podstawy gospodarowania środowiskiem przyrodniczym. Wizje - problemy - trudności*. Wyd. SGGW-AR, Warszawa. 317-328.
- Grissino-Mayer H. D. 2001. *Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA*. Tree-Ring Res. 57: 205-221.
- Jaworski A., Podlaski R. 2006. *Budowa, struktura i dynamika drzewostanów naturalnych w rezerwacie Święty Krzyż (Świętokrzyski Park Narodowy)*. Agr. Silv., Ser. Silv. 44: 9-38.

- Kowalkowski A. 2000. *Gleby*. W: Cieśliński S., Kowalkowski A. (red.) Świętokrzyski Park Narodowy. Przyroda, gospodarka, kultura. Świętokrzyski Park Narodowy, Bodzentyn, 169-196.
- Matuszkiewicz J. M. 2008. *Zespoły leśne Polski*. PWN, Warszawa.
- Olenderek W. 1996. *Stan prac nad systemami informacji przestrzennej w Polsce*. Pr. IBL, Ser. B. 26: 13-22.
- Olszewski J. L., Szałach G., Żarnowiecki G. 2000. *Klimat*. W: Cieśliński S., Kowalkowski A. (red.) Świętokrzyski Park Narodowy. Przyroda, Gospodarka, Kultura. Świętokrzyski Park Narodowy, Bodzentyn: 129-145.
- Podlaski R. 2005. *Inventory of the degree of tree defoliation in small areas*. For. Ecol. Manage. 215: 361-377.
- R Development Core Team 2010. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>
- Sierota Z. 1995. *Zdrowotność a żywotność — próba definicji*. Sylwan 139 (2): 105-118.
- Whitcher B. 2010. *waveslim: Basic wavelet routines for one-, two- and three-dimensional signal processing*. R package version 1.6.4. <http://CRAN.R-project.org/package=waveslim>

Rafał Podlaski

r_podlaski@pro.onet.pl

Pracownia Ochrony Przyrody; Uniwersytet Jana Kochanowskiego