

# Wpływ czynników klimatycznych na wzrost sosny pospolitej w Tatrach Reglowych

Ryszard J. Kaczka, Łukasz Brzęk, Barbara Czajka

**Abstrakt.** Nawapienne lasy sosnowe *Erico-Pinion*, uznawane przez wielu badaczy za reliktową pozostałość plejstocenijskiego środowiska glacialnego, występują w kilku miejscach w Tatrach Reglowych jako pojedyncze enklawy. Celem badań było określenie głównych czynników klimatycznych kontrolujących wzrost sosny pospolitej z klasy *Erico-Pinetea*. Badania prowadzono na trzech stanowiskach: Wielkie Koryciska w Dolinie Chochołowskiej, 1050 m n.p.m.; Nosal w Dolinie Bystrej 1100 m n.p.m.; Łysa Skała w Dolinie Białki, 1100 m n.p.m. Dla wszystkich stanowisk temperatura okresu letniego (lipiec) jest czynnikiem wykazującym najsilniejszy wpływ na szerokość przyrostów badanych sosen. Opady atmosferyczne nie wpływają w istotny i jednakowy sposób na wzrost sosen. Wpływ ten rozciąga się, w zależności od stanowiska, od października poprzedniego roku do stycznia-marca roku bieżącego.

**Słowa kluczowe:** Tatry Reglowe, sosna zwyczajna, *Erico-Pinetea*, dendroklimatologia

**Abstract.** Here we present the results of analyses of tree pine sites response to climate agents and tests of different computed chronologies. The *Erico-Pinetea* pine forest in Tatras exists only as small patches of trees growing on the dry cliffs. The age of individual trees can extend some hundreds years and this sites are recognised as reminds of peryglacial climate. Three site chronologies representing pine forests were computed in different ways and tested against temperature and precipitation. All three sites show significant correlation with June temperature. The precipitation doesn't influence the growth of pines in the same way and varies from October in previous year to January-March of the current year.

**Keywords:** the Tatra Mountains, Scots pine, *Erico-Pinetea*, dendroclimatology

## Wstęp

Lasy sosnowe *Erico-Pinion*, uznawane za reliktową pozostałość plejstocenijskiego środowiska glacialnego, występują w kilku miejscach w Karpatach Zachodnich: w Tatrach, Pieninach, Małej Fatrze i Górach Strażowskich. W Tatrach ich obecność jest związana z węglanowym podłożem, południową ekspozycją i niewielkimi (ok. 1050-1100 m n.p.m.) wysokościami (Radwańska-Paryska 1974). W Tatrach Polskich naturalne lasy sosnowe występują rzadko, pojedyncze enklawy można spotkać w Tatrach Reglowych, wzdłuż głównej osi masywu. Porastają one śródleśne skałki wapienne lub dolomitowe, rosnąc na suchych inicjalnych glebach w bardzo niedostępnych miejscach (Myczkowski, Lesiński 1974).

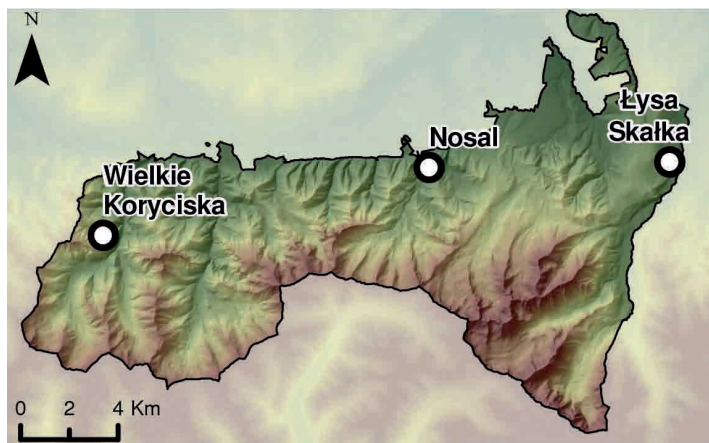
Dotychczasowe badania nad wpływem elementów klimatu na przyrosty roczne drzew w Karpatach dotyczyły głównie świerka (Bednarz 1984; Szychowska-Krapiec 1998; Kaczka, Buntgen 2006; Savva et al. 2006; Buntgen et al. 2007), limby (Bednarz 1984) i jodły (Feliksik 1987, 1993). Sosna pospolita jest gatunkiem występującym w górach rzadziej od świerka i wykazującym mniejszą niż limba wrażliwość klimatyczną. Porównawcze badania wrażliwości sosen zwyczajnych w Polsce

południowej na czynniki klimatyczne prowadzone były w Sudetach i Karpatach, w wyniku czego podzielono je na dwa odrębne regiony dendroklimatyczne (Majewski 2001; Wilczyński, Skrzyżewski 2003; Wilczyński 2005).

Celem badań było określenie głównych czynników klimatycznych kontrolujących wzrost sosny pospolitej z klasy *Erico-Pinetea*, przy wykorzystaniu technik statystycznych eksponujących zmiany krótko- i długookresowe.

## Material i metody

Badania prowadzono w oparciu o próby z trzech wybranych stanowisk sosny zwyczajnej w Tatrach reglowych (Ryc. 1): Wielkie Koryciska w Dolinie Chochołowskiej (WKO - 1050 m n.p.m.); Nosal w Dolinie Bystrej (NOS - 1100 m n.p.m.) i Łysa Skałka w Dolinie Białki (LYS - 1100 m n.p.m.). Na każdym stanowisku pobrano przynajmniej 50 odwiertów świdrem przyrostowym Presslera, które spreparowano według standardowych procedur dendrochronologicznych. Do pomiaru szerokości przyrostów wykorzystano programy: CooRecorder i CDendro ([www.cybis.se](http://www.cybis.se)), a do sprawdzenia ich poprawności COFECHA (Grissino-Mayer 2001). Chronologie rezydualne wykonano za pomocą programu ARSTAN (Cook, Holmes 1986) wykorzystując indeksację za pomocą algorytmu Reinscha, zmieniając parametr S od wartości 30 do 300 (Cook 1987). Tego typu sposób indeksacji (krzywa sklejana) jest często stosowana w celu wyekspozowania długo- (wysoka wartość S) lub krótkookresowych (niska wartość S) trendów zmian szerokości przyrostów (Buntgen et al. 2005, 2007). W badaniach sosen dla każdego stanowiska skonstruowano dziesięć chronologii reprezentujących różne zachowanie tych trendów. Przygotowane chronologie obejmują okres 1883-2009 dla Wielkich Korycisk, 1932-2011 dla Nosala oraz 1717-2008 dla Łysej Skałki. Dla każdej odmiany chronologii (w sumie 30 przypadków) sprawdzono wpływ podstawowych elementów klimatu na szerokość przyrostów. Do analiz wpływu czynników klimatycznych wykorzystano przestrzenie uśrednione dane grid CRUts 3.1 (okres 1932-2008) dla średniej miesięcznej temperatury powietrza i miesięcznej sumy opadów (Mitchell, Jones 2005). Do oceny, który z czynników najsilniej wpływa na wzrost sosen oraz który typ chronologii jest najlepszym nośnikiem sygnału klimatycznego dane te zestawiono używając współczynnika korelacji Pearsona (przyjęto próg istotności statystycznej na poziomie 0,01).



**Ryc.1.** Lokalizacja stanowisk badawczych na tle Tatr Polskich

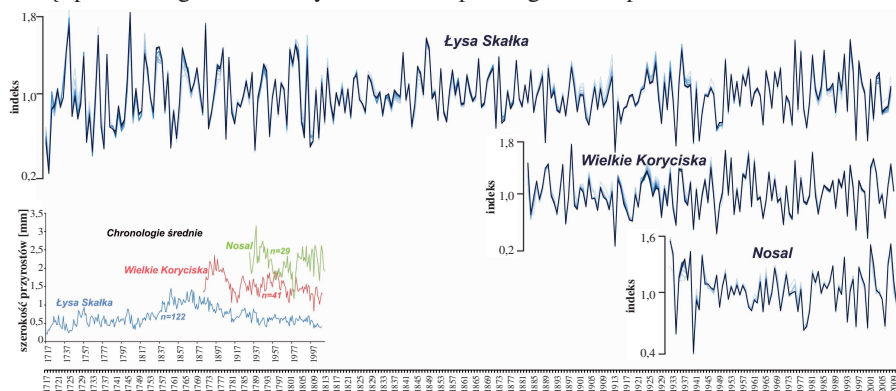
*Fig. 1. Location of study site in Polish Tatras*

## Wyniki

Przebieg chronologii rezydualnych dla wspólnego okresu (1932-2008) jest podobny, jednak te w skład których wchodzi starsze drzewa (WKO i LYS) korelują ze sobą lepiej (współ. kor. = 0,77) niż z Nosalem (współ. kor. = 0,5) (Ryc.2).

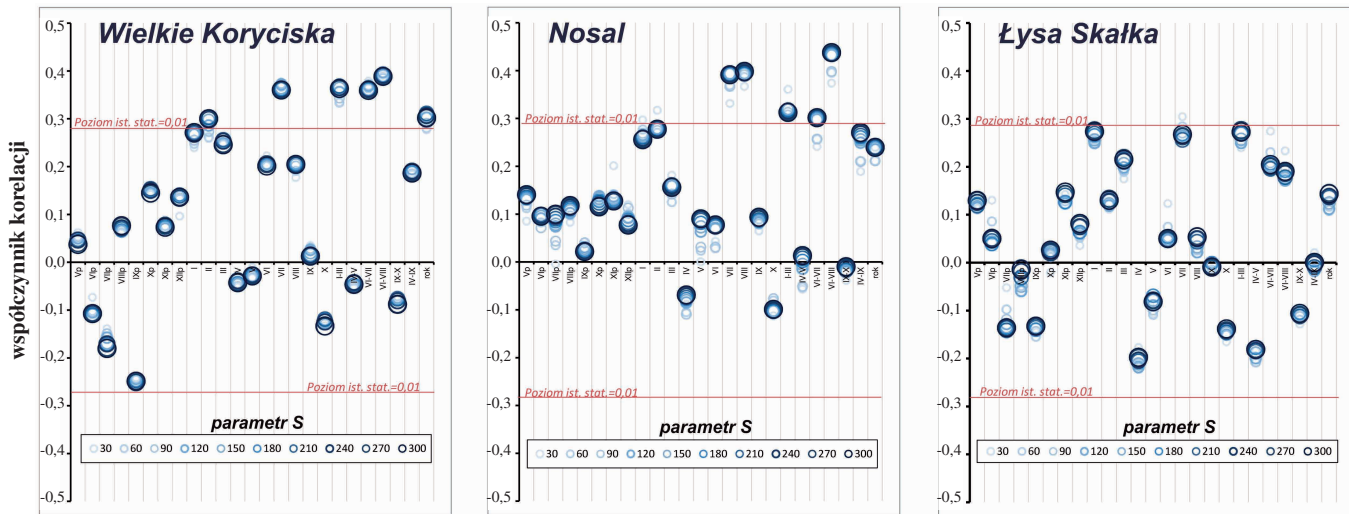
Analizowane trzy grupy sosen, charakteryzowane podobnie pod względem cech geobotanicznych, wykazują różbieżną wrażliwość na wpływ czynników klimatycznych. Zestawienie chronologii rezydualnych ze średnimi miesięcznymi temperaturami powietrza wskazuje, że ciepłota lipca to jedyny czynnik klimatyczny mający istotny statystycznie wpływ na wzrost sosen na wszystkich trzech stanowiskach (Ryc. 3). Dla drzew rosnących na Łysych Skalkach jedynie temperatura tego miesiąca ma znaczenie w kontrolowaniu wzrostu. Dwie pozostałe chronologie wykazują znacznie wyraźniejszy związek z temperaturami okresu ciepłego. Dla sosen rosnących w Wielkich Koryciskach i na Nosalu czynnikiem najsilniej wpływającym na szerokość przyrostu jest temperatura okresu czerwiec-sierpień (współ. kor. odpowiednio = 0,39 i 0,42). Dla sosen z Doliny Chochołowskiej ten sygnał klimatyczny jest stabilny i wykazuje podobne wartości korelacji zarówno dla chronologii gdzie wykspionowane są zmiany długo - jak i krótkookresowe. W przypadku stosunkowo młodych sosen rosnących na kulminacji Nosala (średni wiek=67 lat) otrzymano wyższą korelację pomiędzy chronologią zachowującą długookresowe trendy, co wskazuje że drzewa te reagują na zmiany klimatu. Testowany w ten sposób wpływ parametru S na siłę sygnału klimatycznego nie potwierdził istotnego, wspólnego dla wszystkich stanowisk wpływu zmian długookresowych na siłę zapisu sygnału klimatycznego.

Opady atmosferyczne mają znacznie mniejszy wpływ na formowanie się przyrostów rocznych badanych sosen (Ryc. 4). Nie wykazano żadnej zależności od czynników pluwialnych na stanowisku NOS. Dla wszystkich 10 zakresów parametru S, na osobniki rosnące na stanowisku WKO ma wpływ ilość opadów w październiku roku poprzedniego. Wykazano zależność sposobu konstruowania chronologii i odpowiedzi na ilość opadów na stanowisku LYS. W zależności od wartości przyjętego parametru S, istotnym jest ilość opadów w marcu, oraz w całym okresie końca zimy (styczeń - marzec). Sosny rosnące w warunkach charakteryzowanych jako siedliska suche, nie wykazały wrażliwości na ilość opadów w okresie wegetacji. Dla starszych sosen ze stanowisk WKO i LYS (średni wiek odpowiednio 170 i 210 lat) istotnym czynnikiem od którego zależy szerokość przyrostu, jest ilość wilgoci dostępnej dla korzeni na samym początku sezonu wegetacyjnego. Uwarunkowane jest to ilością opadów śniegu w okresie styczeń-marzec i przebiegiem roztopów.

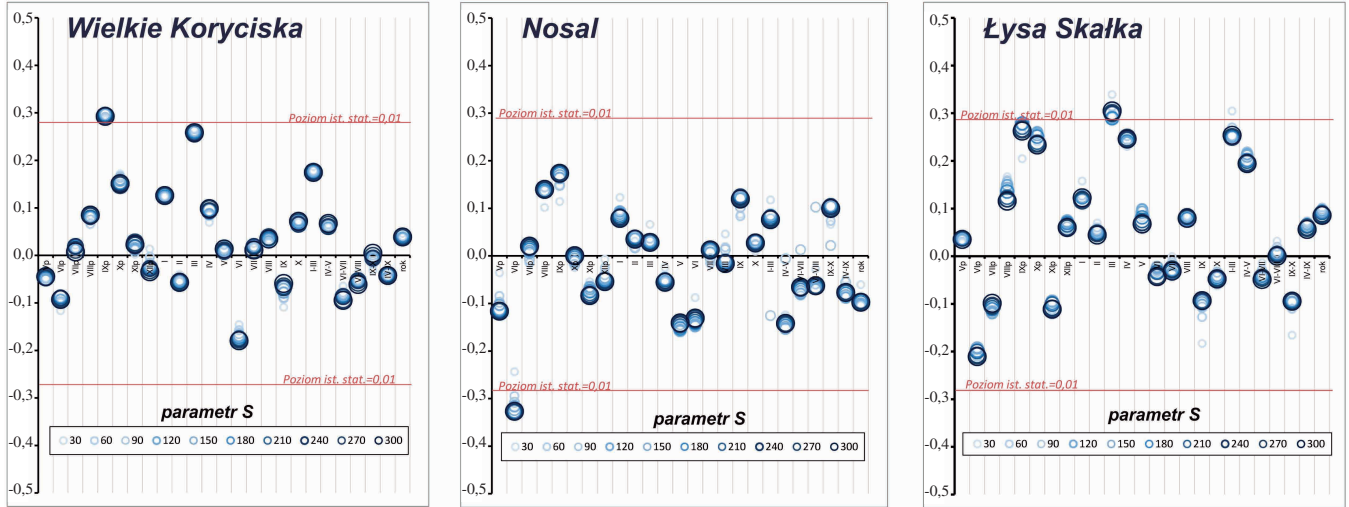


**Ryc. 2.** Chronologie rezydualne i średnie reprezentujące trzy stanowiska sosen zwyczajnych w Tatrach: Wielkie Koryciska, Nosal, Łysą Skalkę

*Fig. 2. The residual and raw chronologies represent three pine site in Tatra: Wielkie Koryciska, Nosal, Łysa Skalkę*



Ryc. 3. Korelacja szerokości przyrostów z temperaturą powietrza dla 10 wariantów chronologii rezydualnej dla każdego stanowiska  
 Fig. 3. The climate/growth response (temperature) computed for 10 types of the residual chronologies for each site



**Ryc. 4.** Korelacja szerokości przyrostów z miesięczną sumą opadów dla 10 wariantów chronologii rezydualnej dla każdego stanowiska  
*Fig. 4.* The climate/growth response (precipitation) computed for 10 types of the residual chronologies for each site

## Podsumowanie

- Sosny zwyczajne z trzech głównych stanowisk reprezentujących siedlisko *Erico-Pinion* w Tatrach, wykazują zróżnicowaną wrażliwość klimatyczną rozumianą, jako wykazany istotny statystycznie wpływ temperatury powietrza lub opadów na szerokość przyrostów.
- Dla stanowisk Wielkie Koryciska i Nosal głównym czynnikiem klimatycznym kontrolującym wzrost jest temperatura okresu letniego (czerwiec-sierpień). Sosny rosnące na Łysej Skałce wykazują jedynie nieznaczną wrażliwość na ciepłość lipca.
- Pomimo określenia siedliska, na którym rosną sosny, wspólną klasą *Erico-Pinetea*, opady wpływają w znacznie mniejszym stopniu na wzrost badanych drzew. Zależność tą wykazano jedynie dla Wielkich Korycisk i Łysej Skałki, i dotyczy ona tylko zimowej akumulacji śniegu jako gwaranta odpowiedniej wilgotności gleby dostępnej na początku sezonu wegetacyjnego.
- Istnieje rozbieżność między stanowiskami pod względem występowania sygnału długo- lub krótkookresowego. Sposób przygotowania chronologii sosen z Tatr Reglowych ma wpływ na zidentyfikowanie czynnika klimatycznego wpływającego na szerokość przyrostów. Przykładem na to mogą być sosny z Łysej Skałki, dla których z 10 przygotowanych, jedynie chronologia o wyeksponowanych zmianach krótkookresowych wykazuje istotny statystycznie związek z klimatem (temperatura lipca).

## Podziękowania

Badania zostały przeprowadzone dzięki pomocy i życzliwości pracowników Tatrzańskiego Parku Narodowego. Zebranie prób było możliwe dzięki projektowi badawczemu NCN NN 306049139 „Geograficzna i czasowa zmienność zapisu czynników środowiskowych w przyrostach rocznych drzew i jej wpływ na dendrochronologiczne rekonstrukcje klimatu Karpat”. Badania terenowe były finansowane z Polsko-Szwajcarskiego Programu Badawczego FLORIST „Zagrożenie powodziowe na przedpolu Tatr” (Flood risk on the northern foothills of the Tatra Mountains) Nr PSPB-153/2010. Część danych zostało zebranych i opracowanych w ramach pracy licencjackiej Łukasza Brzęka.

## Literatura

- Bednarz Z. 1984. *The comparison of dendroclimatological reconstructions of summer temperatures from the Alps and Tatra Mountains from 1741-1965*. Dendrochronologia 2: 63-72.
- Buntgen U., Esper J., Frank D.C., Nicolussi K., Schmidhalter M. 2005. *A 1052-year tree-ring proxy for Alpine summer temperatures*. Climate Dynamics 25(2-3): 141-153.
- Buntgen U., Frank C. D., Kaczka J. R., Versteeg A., Zwijacz-Kozica T., Esper J. 2007. *Growth responses to climate in a multi - species tree - ring network in the Western Carpathian Tatra Mountains, Poland and Slovakia*. Tree Physiology 27: 689-702.
- Cook E. R. 1987. *The decomposition of tree-ring series for environmental studies*. Tree-Ring Bulletin 47: 37-59.
- Feliksik E. 1987. *Wyniki porównań krzywych dendrochronologicznych jodły z wybranych stanowisk w Polsce*. Sylwan 131: 49-56.
- Feliksik E. 1993. *Teleconnection of the radial growth of fir (Abies Alba Mill) within central Europe*. Dendrochronologia 11: 171-175.
- Kaczka R. J., Buntgen U. 2007. *Spatial autocorrelation and growth/climate response of a high elevation spruce network along the Carpathian arc*. Trace 6: 103-112.
- Majewski A. 2001. *Sygnal klimatyczny w słojach przyrostów rocznych sosny pospolitej (Pinus Sylvestris) występującej w Karpatach. praca magisterska, Katedra Klimatologii Leśnej AR, Kraków*.
- Mitchell T. D., Jones P. D. 2005. *An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high - resolution grids*. International Journal of Climatology 25 (6): 693-712.
- Myczkowski S., Lesiński J. 1974. *Rozsiedlenie rodzimych gatunków drzew tatrzańskich*, Studia Ośrod-

ka Dokumentacji Fizjograficznej, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, PAN, Wrocław - Kraków - Gdańsk 3:13-37.

- Radwańska-Paryska Z. 1974. *Roślinność tatrzańska*, Czasopismo Geograficzne 45: 47-61.
- Savva Y., Oleksyn J., Reich P. B., Tjoelker M. G., Vaganov E. A., Modrzyński J. 2006. *Interannual growth response of Norway spruce to climate along an altitudinal gradient in the Tatra Mountains, Poland*. Trees 20: 735-746.
- Szychowska-Krąpiec E. 1998. *Spruce Chronology from Mt Pilsko Area. (Żywiec Beskid Range) 1641-1995 AD*. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Earth Sciences 46 (2): 75-86.
- Wilczyński S., Skrzyżewski J. 2003. *Dendrochronology of Scot pine (Pinus sylvestris) in the mountains of Poland*. J. For. Sci. 49 (3): 95-103.
- Wilczyński S. 2005. *Regiony dendroklimatyczne sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris) w Karpatach Polskich*. Acta Agraria et Silvestria 43: 43-54.

**Ryszard J. Kaczka\*, Łukasz Brzęk, Barbara Czajka**

\*ryszard.kaczka@us.edu.pl

Katedra Rekonstrukcji Środowiska Geograficznego, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski