

SŁAWOMIR WILCZYŃSKI

## Lata „wskaźnikowe” i „wyjątkowe” w ocenie związków „przyrost radialny-klimat”

The pointer and exceptional years in assessment of relationships „radial growth-climate”

### ABSTRACT

On the basis of 22 „negative pointer” years and 12 „positive pointer” years, as well as 9 „exceptional” years the author made an attempt to assess the effect of air temperature and atmospheric precipitation on tree-ring width in 31 dominant pines growing in the overstorey of a stand.

### KEY WORDS

Scots pine, dendroclimatology, dendroecology, tree ring, pointer year, exceptional year

### Wstęp

Na kondycję drzew, a przez to na wielkość tworzonych przez nie słoju drewna ma wpływ wiele różnych czynników. Jednym z nich jest pogoda, która decyduje o zmienności szerokości słoju w krótkim okresie [Fritts 1976]. Ocenę wpływu poszczególnych elementów meteorologicznych na przyrost drzew, na przestrzeni wielu lat, umożliwiają analizy statystyczne. Nie pokazują one jednak jak drzewa zachowują się w poszczególnych latach. Pomocna w takiej sytuacji, jest analiza warunków meteorologicznych panujących w danym roku, który zawsze charakteryzuje się ich niepowtarzalną kombinacją. W tym celu wykorzystuje się między innymi lata „wskaźnikowe” [Schweingruber i in. 1990, Zielski 1993, Wilczyński 1999], w których zdecydowana większość drzew wykazuje podobną reakcję przyrostową. Główną przyczyną wystąpienia roku wskaźnikowego są anomalne warunki pogodowe [Schweingruber i in. 1991]. Informacji o wpływie pogody na wzrost drzew mogą dostarczać także lata „wyjątkowe”, w których wprawdzie występują anomalie pogodowe, w okresach ważnych dla procesów fizjologicznych zachodzących w drzewach, lecz reakcje przyrostowe drzew są mniej jednorodne niż w latach „wskaźnikowych”.

Hipoteza badawcza brzmi następująco: drzewa danego gatunku, będące w tym samym wieku oraz rosnące na małym obszarze, w podobnych warunkach siedliskowych powinny charakteryzować się bardzo podobnymi reakcjami przyrostowymi. Można zatem, na przykładzie takiej grupy drzew, dokładnie określić wpływ poszczególnych elementów meteorologicznych na wielkość tworzonych przez nie słoju drewna.

Na przykładzie lat „wskaźnikowych” oraz „wyjątkowych” podjęto w pracy próbę oceny wpływu temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych na szerokości słoju drewna u trzydziestu jeden ponad stuletnich, dorodnych sosen, rosnących w górnym piętrze drzewostanu.

### SŁAWOMIR WILCZYŃSKI

Katedra Klimatologii Leśnej  
Akademia Rolnicza  
Al. 29 Listopada 46  
31-425 Kraków  
rlwilczy@cyf-kr.edu.pl

### Materiał i Metodyka

W Nadleśnictwie Szklarska Poręba, w oddziale 391h położonym na wysokości 650 m n.p.m., na łagodnym stoku o wystawie zachodniej, rósł drzewostan o składzie 6So, 2Md, 2Św na sied-

lisku lasu mieszanego górskiego. Na powierzchni 0,20 ha wybrano z górnego piętra drzewostanu trzydzieści jeden 140-letnich, dorodnych, zdrowych sosen. Z ich pni, na wysokości 130 cm nad ziemią, pobrano po dwa wywierty równoległe do warstwy. Na wywiertach pomierzono szerokości słoju, uzyskując sześćdziesiąt dwie sekwencje danych (dendroskale). Prawdliwość datowania słoju sprawdzono metodą zbieżności [Eckstein i Bauch 1969] oraz wykorzystując program komputerowy – COFECHA [Holmes 1986]. Następnie dla każdego drzewa obliczono chronologię średnich szerokości słoju, a na ich podstawie chronologię średnich szerokości słoju dla grupy trzydziestu jeden drzew. W dalszej kolejności każdą z sześćdziesięciu dwóch dendroskal standardyzowano [Cook i Holmes 1986] w celu eliminacji trendu i długookresowych fluktuacji oraz uwypuklenia zmienności krótkookresowej. Na podstawie dendroskal indeksowanych obliczono chronologię średnich indeksów przyrostowych dla trzydziestu jeden badanych drzew (chronologia indeksowana).

Związki pomiędzy szerokością słoju, a temperaturą powietrza i opadami atmosferycznymi poszukiwano wykorzystując metodę wskaźnika zbieżności (GL) [Huber 1943, Eckstein i Bauch 1969, Przybylski 1990] oraz regresji wielorakiej – response function [Fritts 1976, Guiot niepublikowane, Holmes 1994]. Zmiennymi zależnymi były indeksy przyrostowe chronologii indeksowanej, a zmiennymi niezależnymi wartości miesięczne temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych. Obie metody wykorzystano do identyfikacji elementów meteorologicznych istotnych do wzrostu sosen.

Następnie analizowano warunki klimatyczne panujące w latach „wskaźnikowych”. Wyróżniono ich dwa rodzaje: negatywne, w których co najmniej 80% drzew zmniejszyło szerokość słoja w stosunku do szerokości słoja z roku poprzedniego oraz pozytywne, w których minimum 80% drzew zwiększyło przyrost radialny. Liczba drzew podobnie reagujących była głównym kryterium wyboru lat wskaźnikowych. Stosunkowo łagodne kryterium (80%) zwiększyło liczbę analizowanych przypadków. Lata wskaźnikowe dodatkowo klasyfikowano na podstawie względnej wielkości słoju, której miarą była wartość średniego indeksu przyrostowego. W ten sposób wyróżniono dwa typy lat wskaźnikowych „słabe”, w których wartość indeksu mieściła się w przedziale od 0,75 do 1,25 oraz lata wskaźnikowe „silne”, w których wartość indeksu była poza tym przedziałem.

W dalszej kolejności charakteryzowano warunki klimatyczne panujące w latach „wyjątkowych”, w których wystąpiły anomalne warunki pogodowe, jednak liczba podobnie reagujących drzew nie spełniała warunku koniecznego dla roku wskaźnikowego, tzn. minimum 80%.

Charakteryzując lata wskaźnikowe i wyjątkowe miesięczne wartości temperatury powietrza ( $t$ ) i opadów atmosferycznych ( $p$ ) odnoszono do wartości średniej temperatury ( $T$ ) oraz średniej sumy opadów ( $P$ ) obliczonych dla wielolecia 1900-1999 (tab. 1), przyjmując następujące określenia:

N (miesiąc w normie):  $-0,5s_d \leq t \leq 0,5s_d$  oraz  $75\%P \leq p \leq 125\%P$ ,

Z (zimny):  $-1s_d \leq t < -0,5s_d$ , C (ciepły):  $0,5s_d < t \leq 1s_d$ ,

BZ (bardzo zimny)  $t < -1s_d$ , BC (bardzo ciepły):  $t > 1s_d$ ,

S (suchy):  $50\%P \leq p < 75\%P$ , M (mokry):  $125\%P < p \leq 150\%P$ ,

BS (bardzo suchy):  $p < 50\%P$ ,

BM (bardzo mokry):  $p > 150\%P$ , gdzie  $s_d$  – odchylenie standardowe.

W analizach uwzględniono okres 1900-1999, czyli od około czterdziestego roku życia sosen, eliminując w ten sposób czas charakteryzujący się mało stabilnymi reakcjami przyrostowymi drzew, wynikającymi z ich wieku oraz intensywnych czynności hodowlanych. Dane meteorolo-

Tabela 1.

Wartości średnie miesięczne (T) i odchylenie standardowe ( $s_d$ ) temperatury powietrza oraz wartości średnie miesięczne (P) i wartości odchyłeń procentowych sum opadów

The monthly value (T) and standard deviation ( $s_d$ ) of air temperature and monthly value (P) and percentage deviations of precipitation totals

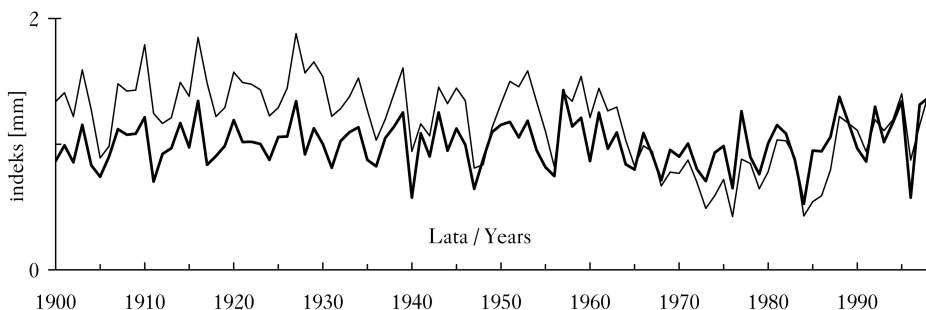
Miesiące	Luty	Marzec	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień
Temperatura powietrza [°C]						
T	-2,2	0,7	13,2	15,0	14,3	11,1
0,5 $s_d$	1,6	1,2	0,7	0,7	0,6	0,8
1 $s_d$	3,3	2,3	1,4	1,4	1,2	1,6
Opady atmosferyczne [mm]						
P	64	68	114	122	112	84
25%	16	17	28	31	28	21
50%	32	34	57	61	56	42

logiczne pochodziły z pobliskiej stacji meteorologicznej IMiGW - Szklarska Poręba położonej na wysokości 650 m n.p.m.

## Wyniki

Na tle długofalowego przebiegu chronologii szerokości słoików widoczne są wyraźnie coroczne zmiany ich wielkości. Chronologia szerokości słoików oraz chronologia indeksowana wykazują identyczny kierunek zmian w kolejnych latach. Wskaźnik zbieżności obu chronologii wyniósł 100% (ryc. 1). Porównanie przebiegu chronologii indeksowanej z krzywymi zmian różnych elementów meteorologicznych wskazuje na dominujący wpływ na wielkość przyrostów radialnych temperatury powietrza miesięcy zimowych. Wskaźnik zbieżności (GL) chronologii z krzywą zmian średniej temperatury okresu luty-marzec wyniósł bowiem 67,7% ( $p < 0,001$ ), z krzywą zmian średniej temperatury okresu lipiec-sierpień 62,6% ( $p < 0,05$ ), natomiast z krzywą zmian sum opadów okresu czerwiec-sierpień 57,6% ( $p < 0,1$ ) (ryc. 2).

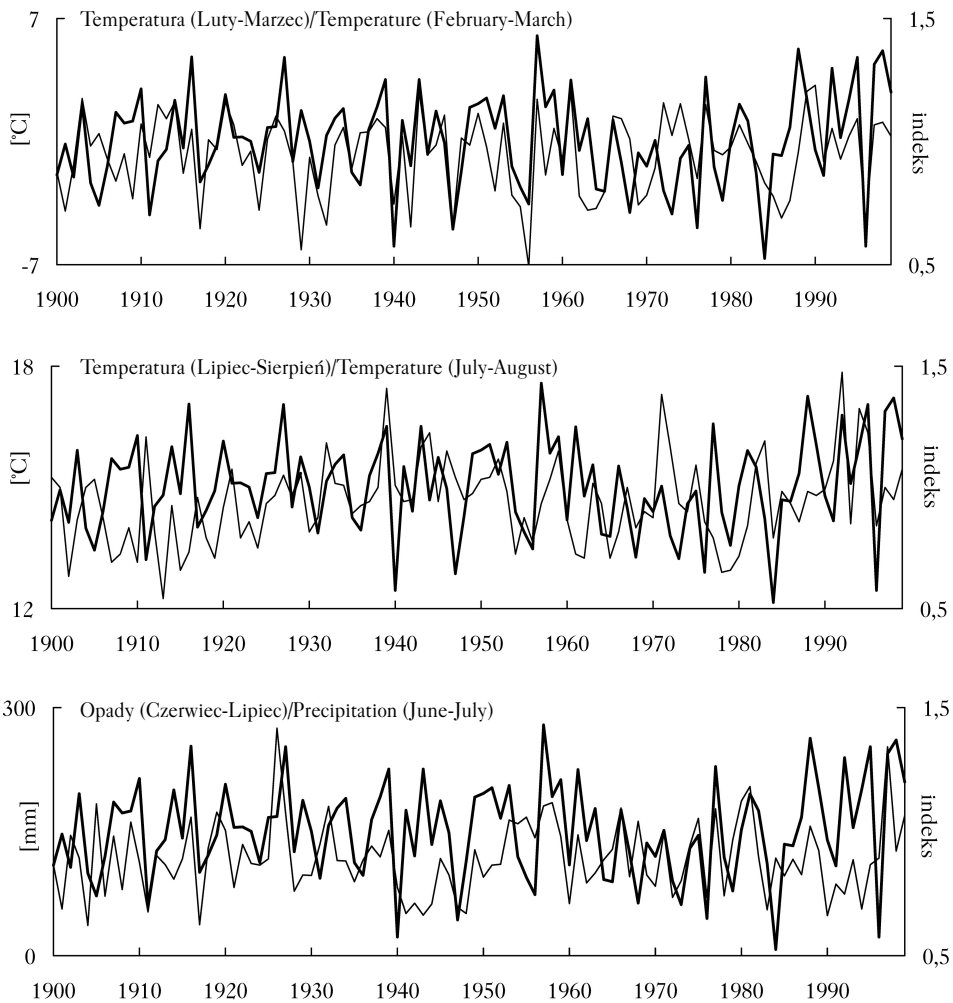
Istotny wpływ na wielkość przyrostów na grubość sosen większości wymienionych elementów meteorologicznych potwierdzają współczynniki regresji wielorakiej (response function). Wynika z nich, że w latach 1901-1999 szerokość słoików była istotnie, dodatnio związana ze średnią temperaturą lutego ( $p < 0,01$ ), marca ( $p < 0,05$ ), lipca ( $p < 0,05$ ) i sierpnia ( $p < 0,05$ ), a także z sumą opadów czerwca ( $p < 0,05$ ) i lipca ( $p < 0,05$ ), natomiast ujemnie z sumą opadów września ( $p < 0,05$ ) (ryc. 3).



Ryc. 1.

Chronologia szerokości słoików (linia cienka) oraz chronologia indeksowana (linia pogrubiona)

Tree-ring chronology (thin line) and indexed chronology (thick line)



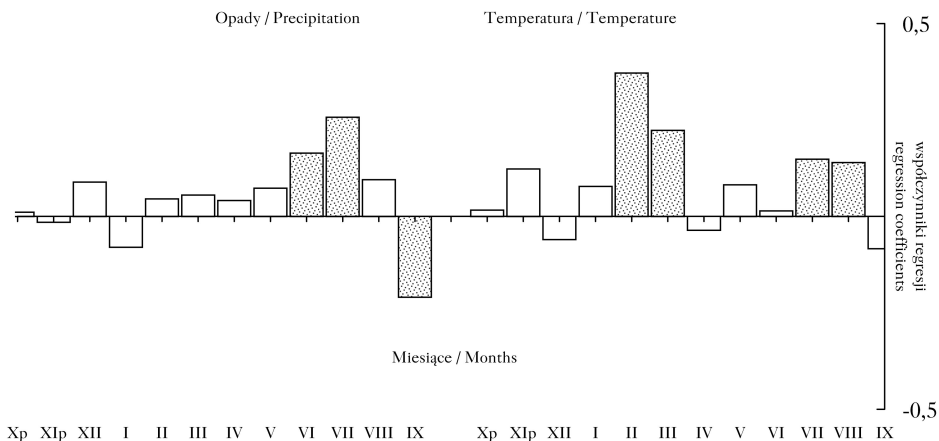
Ryc. 2.

Chronologia indeksowana (linie pogrubione) oraz średnia temperatura powietrza i suma opadów atmosferycznych (linie cienkie) z różnych okresów

Indexed chronology (thick lines) and mean air temperature and totals precipitation (thin lines) for different periods

Na podstawie tych wyników nie można jednak stwierdzić jaki wpływ na drzewa miało na przykład gorące i suche lato lub chłodne i wilgotne oraz czy większe znaczenie dla wzrostu na grubość sosen miała w lecie temperatura powietrza, czy też opady atmosferyczne? Próbę odpowiedzi na te pytania podjęto analizując warunki klimatyczne panujące w latach wskaźnikowych oraz wyjątkowych.

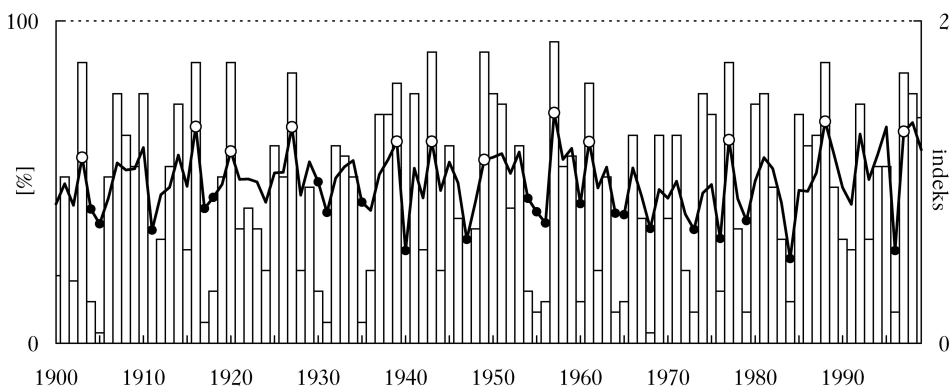
Okazuje się, że reakcje przyrostowe sosen nie były jednorodne. Jedynie w latach 1911, 1940 i 1947 wszystkie trzydzieści jeden sosen zmniejszyło przyrost na grubość (ryc. 4). Ponadto średnia szerokość słoja w danym roku nie zawsze była zgodna z liczbą podobnie reagujących drzew. Tak było w latach 1933, 1934, 1950, 1951 i 1998 (ryc. 4). Badane, wyselekcjonowane sosny różniły się więc między sobą wrażliwością na czynniki mające wpływ na ich wzrost na grubość.



Ryc. 3.

Wyniki analizy response function. Współczynniki regresji wielorakiej (słupki) dla temperatury miesięcznej oraz sumy opadów miesiący od października poprzedniego roku do września bieżącego roku dla okresu 1900-1999. Wartości istotne ( $p < 0,05$ ) (słupki czarne)

Results of response function analysis. Coefficients of multiple regression (bars) for monthly temperature and total precipitation from previous October to current September for the 1900-1999 period. Significance values ( $p < 0,05$ ) (black bars)



Ryc. 4.

Chronologia indeksowana (linia) oraz procent drzew, które zwiększyły wielkość przyrostu radialnego (słupki). Lata wskaźnikowe – pozytywne (białe kółka) oraz lata wskaźnikowe negatywne (czarne kółka). Indexed chronology (line) and percentage of trees, which enlarged the size of radial increment (bars). Pointer years: positiv (white circles) and negativ (black circles)

W okresie 1900-1999 stwierdzono 22 lata wskaźnikowe negatywne i tylko 12 pozytywnych (ryc. 4). Zatem, albo częściej występowały czynniki ograniczające wzrost drzew, albo miały one silniejszy wpływ na drzewa niż czynniki, które sprzyjały ich wzrostowi na grubość. Spośród lat wskaźnikowych pozytywnych 9 było tzw. latami „silnymi”, natomiast lat negatywnych „silnych” było 10 przypadków (tab. 2, 3). Ponadto lata wskaźnikowe negatywne często występowały po sobie, co nie miało miejsca w przypadku lat pozytywnych (tab. 2, 3). Tylko w przypadku trzech lat negatywnych zdarzyło się, że 100% drzew zmniejszyło przyrost. Fakty te wskazują na silniejszy wpływ na drzewa czynników ograniczających ich wzrost oraz na większe ich zróżnicowanie.

Tabela 2.

Charakterystyka klimatyczna lat „wskaźnikowych pozytywnych”  
Climatical profile of positive pointers years

Rok	Luty tmp	Marzec opd	Czerwiec tmp, opd	Lipiec tmp, opd	Sierpień tmp, opd	Wrzesień opd
1903	BC	BC	Z, S	-N, M	-N, M	S
1916*	+N	BC	BZ, BM	BZ, -N	Z, +N	S
1920	Z	BC	BZ, -N	+N, BM	Z, BM	S
1927*	+N	BC	-N, +N	+N, BM	C, -N	-N
1939*	BC	-N	BC, M	BC, +N	BC, -N	BM
1943*	BC	BC	-N, S	+N, BS	BC, BS	BS
1949	C	Z	Z, BM	+N, S	+N, -N	BS
1957*	BC	C	BC, S	C, BM	Z, S	BM
1961*	BC	BC	BC, +N	BZ, M	C, -N	BS
1977*	C	BC	C, +N	Z, BM	Z, BM	N
1988*	Z	Z	-N, M	+N, M	+N, -N	+N
1997*	C	+N	C, -N	-N, BM	BC, -N	S

\* lata wskaźnikowe „silne”; tmp – temperatura; opd – opady

\* „strong” pointer years; tmp – temperature; opd – precipitation

Diagramy klimatyczne pokazują, że w latach wskaźnikowych pozytywnych luty i marzec były relatywnie ciepłymi miesiącami, natomiast lato (czerwiec-sierpień) obfitowało w opady (ryc. 5). Lata wskaźnikowe negatywne charakteryzowały się z kolei mroźnym lutym i marcem oraz suchym latem (czerwiec-sierpień). Natomiast średnia temperatura miesięcy letnich, obu rodzajów lat wskaźnikowych, była wyrównana (ryc. 5).

Charakterystyka klimatyczna poszczególnych lat wskaźnikowych pozytywnych wskazuje, że luty lub marzec były w tych latach ciepłe lub bardzo ciepłe. Było to prawie regułą w latach wskaźnikowych „silnych” (tab. 2). Jedynie w 1988 roku luty i marzec były zimniejsze niż przeciętnie. O tak silnej i podobnej reakcji drzew w tym roku mogły zdecydować obfite opady przy relatywnie wysokiej temperaturze, albo czynnik o innym niż klimatyczny charakterze. W zdecydowanej większości lat pozytywnych opady w większej części okresu lata kształtowały się co najmniej na poziomie normy (tab. 2). Nie było to jednak regułą, bowiem w 1957 roku większa część lata, a w 1943 cały rok był bardzo suchy. W obu przypadkach zima była jednak wyjątkowo ciepła i krótka. W latach pozytywnych wrzesień był najczęściej miesiącem suchym lub bardzo suchym (tab. 2). Temperatura powietrza w miesiącach letnich była natomiast bardzo zróżnicowana. Skrajnym pod tym względem był 1916 rok, w którym lato było bardzo zimne oraz 1939 z bardzo ciepłym latem (tab. 2). Wydaje się zatem, że niedobór opadów latem miał większe znaczenie dla drzew niż temperatura powietrza w tym okresie. Przypuszczenia te potwierdzają także diagramy klimatyczne lat wskaźnikowych (ryc. 5) oraz wyniki analizy response function (ryc. 3).

W latach wskaźnikowych negatywnych miesiące: luty i marzec były z reguły zimne lub bardzo zimne. Odstępstw pod tym względem było jednak zdecydowanie więcej niż w przypadku lat pozytywnych. Na przykład w latach: 1904, 1905, 1911, 1918, 1960, 1968, 1973, 1979 średnia temperatura w lutym i marcu kształtowała się co najmniej na poziomie normy (tab. 3). Niska temperatura powietrza w czasie zimy nie była zatem jedyną przyczyną tworzenia przez sosny, w najbliższym okresie wegetacji, wąskich słoików. Bardzo często bowiem w latach wskaźnikowych negatywnych całe lato lub większa jego część była uboga w opady (tab. 3). Najczęstszą przyczyną ich wystąpienia mogły być zatem mrozy w lutym lub marcu, albo susza

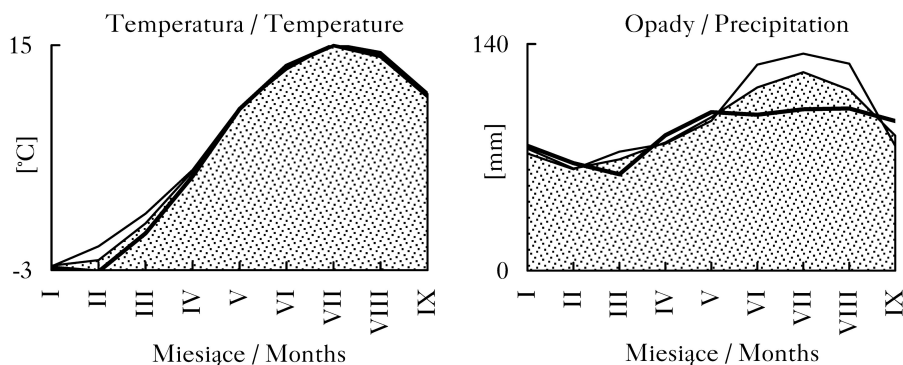
Tabela 3.

Charakterystyka klimatyczna lat „wskaźnikowych negatywnych”  
 Climatological profile of negative pointers years

Rok	Luty tmp	Marzec tmp	Czerwiec tmp, opd	Lipiec tmp, opd	Sierpień tmp, opd	Wrzesień tmp, opd
1904	+N	-N	Z, BS	C, BS	Z, BS	S
1905*	+N	C	BC, +N	C, BM	+N, +N	M
1911*	-N	+N	Z, BS	BC, BS	BC, BS	+N
1917	BZ	BZ	BC, BS	-N, S	+N, +N	BS
1918	+N	+N	BZ, S	Z, M	Z, -N	BS
1930	Z	C	BC, BS	Z, M	-N, M	BM
1931	-N	BZ	+N, M	N, +N	Z, M	BM
1935	+N	Z	BC, S	-N, -N	-N, BS	BM
1940*	BZ	+N	BC, BS	BC, N	Z, BM	BM
1947*	BZ	+N	BC, S	BC, BS	-N, S	BS
1954	BZ	C	C, S	BZ, BM	-N, BS	+N
1955	Z	BZ	Z, -N	-N, BM	Z, M	M
1956*	BZ	Z	BZ, M	-N, -N	BZ, +N	+N
1960	-N	+N	+N, S	Z, S	+N, BM	S
1964	-N	BZ	BC, -N	C, +N	Z, BM	S
1965	Z	-N	-N, +N	BZ, N	BZ, -N	+N
1968*	+N	+N	C, BM	Z, S	-N, +N	M
1973*	+N	+N	+N, BS	-N, +N	+N, BS	BS
1976*	+N	BZ	+N, BS	C, -N	BZ, -N	-N
1979	-N	+N	BC, BM	BZ, S	Z, S	BM
1984*	-N	Z	BZ, M	BZ, S	+N, BM	BM
1996*	Z	BZ	+N, S	BZ, M	+N, -N	BM

\* lata wskaźnikowe „silne”; tmp – temperatura; opd – opady

\* „strong” pointer years; tmp – temperature; opd – precipitation



Ryc. 5.

Diagramy klimatyczne. Średnie miesięczne temperatury powietrza oraz średnie opady miesięczne lat wskaźnikowych pozytywnych (linia cienka) i negatywnych (linia pogrubiona). Wartości średnie z okresu 1900-1999 (obszar kropkowany)

Climatic diagrams. Mean monthly temperature and monthly total precipitation of positiv years (thin line) and negativ years (thick line). Mean values for the 1900-1999 period (dotted surface)

panująca przez większą część lata lub obydwie te czynniki. I tak na przykład w latach 1904, 1911, 1960, 1973 i 1979 prawdopodobną przyczyną redukcji przyrostu radialnego sosny była susza panująca latem, trwająca co najmniej dwa miesiące. Przy czym w 1960 i 1973 roku temperatura latem była w normie, a w 1904 i 1979 było w tym okresie bardzo zimno (tab. 3). Przykłady te ponownie wskazują na większą rolę letnich opadów niż temperatury powietrza. Jednak upały i susza panujące w czasie lata potęgowały swój negatywny wpływ na drzewa. Tak było w latach: 1904, 1911, 1917, 1930, 1935, 1940, 1947 i 1954. W 1917, 1947 i 1954 roku dodatkowy, ujemny wpływ na sosny miały mrozy, zwłaszcza w lutym (tab. 3).

Na tworzenie przez sosny wąskich słoików miał też wpływ inny układ temperatury i opadów latem. W roku 1918, mimo ciepłej zimy, ujemny wpływ na drzewa wywarła prawdopodobnie susza czerwcowa oraz bardzo niska temperatura powietrza podczas całego lata; w 1930 roku – mrozy w lutym, susza i gorąco w czerwcu oraz lipcowe chłody. W roku 1905 przyczyną redukcji przyrostów nie była zapewne pogoda. Panowały bowiem wtedy bardzo korzystne warunki meteorologiczne (ciepła zima, ciepłe i wilgotne lato) (tab. 3). Nie wydaje się także, aby przyczyną tak silnej redukcji wielkości słoików w roku 1968 był wyłącznie suchy i zimny lipiec (tab. 3).

W okresie stu lat (1990-1999) jedynie w trzech przypadkach (1911, 1940 i 1947) wszystkie badane drzewa zmniejszyły przyrost na grubość. W 1911 roku przyczyną mogło być wyjątkowo suche i gorące lato, w 1947 - dodatkowo bardzo mroźny luty, a w 1940 roku - bardzo mroźny luty oraz gorący i suchy czerwiec (tab. 3). Wynika stąd, że susza połączona z upałami w czasie lata miała bardzo silny, negatywny wpływ na sosny, a mrozy zimą dodatkowo ten ujemny wpływ potęgowały.

Na tle lat „wskaźnikowych” interesująco wypada charakterystyka lat „wyjątkowych”. W okresie 1990-1999 wytypowano ich dziewięć (tab. 4). Okazuje się, że w 1926 roku luty był wyjątkowo ciepły, a opady od czerwca do sierpnia wyniosły aż 230% normy. Nie był to jednak rok wskaźnikowy pozytywny, jak można było oczekiwać. W roku tym 50% drzew zwiększyło, a 50% zmniejszyło przyrost radialny (ryc. 4). Rokiem wyjątkowym był także rok 1929, który charakteryzował się szczególnie mroźnym lutym, natomiast reakcja przyrostowa drzew kształtowała się ponownie w stosunku 50/50. Także w 1932 roku mimo silnych mrozów w lutym i marcu, aż 62% sosen zwiększyło wielkość słoików (ryc. 4, tab. 4). W marcu 1971 roku ponownie wystąpiły silne mrozy, a w lipcu i sierpniu było bardzo sucho i gorąco, jednak większość

**Tabela 4.**

Charakterystyka klimatyczna lat „wyjątkowych”

The climatical profile of exceptional years

Rok	Luty tmp	Marzec tmp	Czerwiec tmp, opd	Lipiec tmp, opd	Sierpień tmp, opd	Wrzesień tmp, opd
1926	BC	+N	BZ, BM	C, BM	Z, +N	-N
1929	BZ	N	BZ, +N	C, S	C, +N	BS
1932	BZ	BZ	BZ, BM	C, BM	BC, +N	-N
1971	+N	BZ	-N, BM	BC, BS	BC, BS	S
1972	BC	BC	Z, S	BC, BS	+N, BS	BM
1986	BZ	C	-N, +N	-N, -N	+N, M	-N
1990	BC	BC	+N, BS	Z, BS	BC, S	M
1992	C	+N	BC, S	BC, S	BC, S	BS
1994	-N	BC	+N, BS	BC, BS	BC, -N	BM

tmp – temperatura; opd – opady

tmp – temperature; opd – precipitation



### 38 Sławomir Wilczyński

drzew (65%) zwiększyła szerokość słoju. Prawdopodobnie obfite opady w czerwcu (200% normy) złagodziły negatywny wpływ późniejszej suszy. Z kolei silne mrozy w lutym 1986 roku spowodowały redukcję słoju jedynie u 61% sosen (ryc. 4, tab. 4). Rok 1992 i 1994 charakteryzowały się natomiast bardzo gorącym i suchym latem, a mimo to odpowiednio 75% i 55% drzew zwiększyło przyrost radialny. W 1972 i 1990 roku lato było jeszcze bardziej suche, lecz nadal 23 i 32% drzew zwiększyło przyrost na grubość.

## Dyskusja

Zmiany szerokości słoju u badanych sosen widoczne są w każdym okresie ich życia, a ich zasadniczą przyczyną były niewątpliwie warunki pogodowe. Ich analiza w latach „wskaźnikowych” i „wyjątkowych” zbliżyła nas jedynie do pełnej wiedzy na temat wpływu warunków meteorologicznych na wielkość przyrostu radialnego u sosen. Na przestrzeni stu lat anomalne warunki pogodowe wielokrotnie nie powodowały jednorodnej reakcji drzew. Przykładem mogą być choćby lata „wyjątkowe”. Wprawdzie często były one łagodzone przez korzystne warunki pogodowe, panujące w innych okresach roku, ale tak zdarzało się i w latach wskaźnikowych, w których też reakcje przyrostowe drzew były bardzo zróżnicowane.

Wykorzystane do charakterystyki lat wskaźnikowych i wyjątkowych miesięczne wartości elementów meteorologicznych nie wydają się być najlepszą miarą do precyzyjnej oceny relacji między warunkami meteorologicznymi a wielkością przyrostu na grubość drzew. Wielkość danego elementu meteorologicznego oraz czas jego trwania odgrywa bowiem ważną rolę. Średnia miesięczna temperatura powietrza bywa taka sama, gdy mrozy występują w pierwszej czy też w ostatniej dekadzie miesiąca; dla drzew nie jest to jednak obojętne. Konieczne jest zatem poszukiwanie bardziej precyzyjnych wskaźników charakteryzujących krótsze okresy, na przykład dekady, a nawet poszczególne dni. Czy jednak w takim przypadku nadmiar danych jeszcze bardziej nie utrudni interpretacji wyników?

Okazuje się, że w przypadku sosny zwyczajnej pomiary meteorologiczne prowadzone pod koniec zimy oraz latem mogą pozwolić prognozować tendencję w jej przyroście w danym roku. Istotny wpływ na przyrost radialny badanych sosen miała bowiem temperatura powietrza w lutym i marcu oraz temperatura i opady w miesiącach letnich. W roku z mroźną i długą zimą oraz suchym i gorącym latem stwierdzano rok wskaźnikowy negatywny. Bardzo często też suche i gorące lato miało negatywny wpływ na drzewa. Mimo, że sosny rosły na wysokości gdzie opady latem są stosunkowo wysokie, a susza jest pojęciem problematycznym, to czynnik pluwialny w tym okresie miał jednak większe znaczenie niż temperatura powietrza. Zdarzało się również, że bardzo niska temperatura latem miała ujemny wpływ na drzewa, lecz rzadziej fakt ten był rejestrowany, brak opadów bowiem, a zatem bezchmurne niebo powodowało, że temperatura powietrza była relatywnie wysoka.

Badania prowadzono na drzewach zdrowych, rosnących w górnej warstwie drzewostanu, w określonych warunkach siedliskowych. Uzyskanych wyników nie można zatem bezkrytycznie uogólniać na inne drzewa czy populacje rosnące na odmiennych siedliskach.

Wykonane w pracy analizy o charakterze „dendroklimatycznym” poszerzyły niewątpliwie wiedzę na temat wrażliwości sosen na poszczególne elementy meteorologiczne. Mamy jednak świadomość, że nie możemy wpływać na pogodę, a przez to regulować wzrost drzew. Analizy tego typu pozwalają jednak weryfikować dotychczasową wiedzę na temat wymagań klimatycznych drzew, która opierała się często na badaniach osobników w wieku młodocianym. W tym przypadku mamy bowiem do dyspozycji ciągi różnych parametrów drzew, a także wartości różnych elementów meteorologicznych z wielu dziesiątek, a nawet setek lat.

## Wnioski

- ✚ Coroczne zmiany szerokości słoików sosen spowodowane były warunkami pogodowymi. Jednak drzewa nie reagowały na nie w kolejnych latach w sposób jednorodny. Jedynie w trzech przypadkach wszystkie drzewa zmniejszyły szerokość słoików.
- ✚ Badane drzewa bardziej jednorodnie reagowały na ograniczające ich wzrost warunki pogodowe, niż na te, które ten wzrost stymulowały.
- ✚ Duża liczba istotnych dla wzrostu sosen elementów meteorologicznych spowodowała, że mimo stosunkowo szczegółowej analizy, wpływ warunków meteorologicznych na przyrost radialny sosen, nie został do końca wyjaśniony. Hipoteza badawcza nie została więc potwierdzona.
- ✚ W roku z ciepłą i krótką zimą oraz wilgotnym, ciepłym latem sosny tworzyły szerokie słoiki i stwierdzano wtedy rok wskaźnikowy pozytywny, natomiast w latach z mrozną i długą zimą oraz suchym i gorącym latem występował rok wskaźnikowy negatywny. Zdarzyły się też lata wskaźnikowe, które były skutkiem innych niż meteorologiczne czynniki.

## Literatura

- Cook E. R., Holmes R. L. 1986. Users manual for computer program ARSTAN. W: Holmes R. L., Adams R. K., Fritts H. C. Tree-ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin, Chronology Ser. 6, University of Arizona, Tucson. 50-56.
- Eckstein D., Bauch J. 1969. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. Forstwiss. Centralbl. 88, 4: 230-250.
- Feliksik E., Wilczyński S. 2000. The influence of thermal and pluvial conditions on the radial increment of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from the area of Dolny Śląsk. Folia For. Polonica, Ser A – Forestry 42: 55-66.
- Fritts H. C. 1976. Tree Rings and Climate. Academic Press, London, New York, San Francisco.
- Holmes R. L. 1986. Quality control of cross dating and measuring. Users manual for computer program COFECHA. W: Holmes R. L., Adams R. K., Fritts H.C. Tree-ring chronologies of Western North America: California, Eastern Oregon and northern Great Basin. Chronology Ser. 6, University of Arizona, Tucson. 41- 49.
- Huber B. 1943. Über die Sicherheit jahresringchronologischer Datierung. Holz als Roh- und Werkstoff 6, 10/12: 263-268.
- Przybylski P. 1990. Program komputerowy do analiz dendrochronologicznych – RINGS. Katedra Klimatologii Leśnej, AR w Krakowie.
- Schweingruber F. H., Eckstein D., Serre-Bachet F., Bräker O. U. 1990. Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. Dendrochronologia 8: 9-39.
- Schweingruber F. H., Wehrli U., Allen-Rumo K., Allen M. 1991. Weiserjahre als Zeiger extremer Standortseinfüsse. Schweiz. Z. Forstwes. 142, 1: 33-52.
- Wilczyński S. 1999. Dendroklimatologia sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z wybranych stanowisk w Polsce. Praca doktorska, Katedra Klimatologii Leśnej AR w Krakowie.
- Zielski A. 1993. Lata wskaźnikowe u sosny zwyczajnej rosnącej w rejonie Torunia dziś i w czasach średniowiecznych. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Biologia 46, 89: 227-244.

## SUMMARY

### The pointer and exceptional years in assessment of relationships „radial growth-climate”

The experiment was carried out on 31 healthy dominant pines, 140 years of age in the mixed stand (compartment 391h) in the Szklarska Poręba Forest District. Two core samples were collected from each tree stem at a height 130 cm above the ground level parallel to the contour line. The tree-ring widths were measured. Measurement results were the basis to calculate mean tree-ring width chronologies for individual trees and the mean tree-ring chronology, as

**40** Sławomir Wilczyński

well as mean increment index chronology for the group of 31 trees (Fig. 1). The analysis of pointer and exceptional years within the period 1900-1999 has shown that the annual variation in tree-ring widths of pine depended on meteorological factors. The response of trees to changes in climatic conditions, however, was not homogeneous. Only in 1911, 1940 and 1947, the radial growth of all trees declined (Fig. 2). There were pointer years in tree-ring width, which might not be induced by climatic events (Table 2,3). More homogeneous response of trees was to meteorological tree growth-limiting factors than those stimulating their radial increment. Exceptional years were similar to pointer years in terms of meteorological influences (Table 4), but the trees revealed higher variation in radial growth in them than in the exceptional years (Fig. 4., Table 4). During the short and warm winter and wet and warm summer, pines formed wide tree-rings. Then, the pointer year was found positive. During the long and cold winter and dry and hot summer the pointer year was negative (Table 2,3).