

MARCIN KOPROWSKI

## Dendrochronologiczna analiza przyrostów rocznych świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karsten) poza naturalnym zasięgiem a cechy biometryczne szyszek

Dendrochronological analysis of annual increments of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) outside its natural range in comparison to biometric features of the cones

### ABSTRACT

Koprowski M. 2008. Dendrochronologiczna analiza przyrostów rocznych świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karsten) poza naturalnym zasięgiem a cechy biometryczne szyszek. Sylwan 3: 50-57.

Dendrochronological analysis and measurements of selected features of the cones allowed to describe the influence of the over-regional factors and the origin of trees on the increment pattern of Norway spruce growing in north-western Poland outside its natural range. Trees from study sites in the Świerczyna Forest District that is located farther southwards than the others characterise different course of tree growth. One of these sites stands out from the analysed group in terms of biometric features of the cones. The origin of the trees seems to decide on the spatial distribution of the increment pattern in a little way.

### KEY WORDS

dendrochronology, Norway spruce, cones, statistical analysis

### ADDRESSES

Marcin Koprowski – Pracownia Dendrochronologiczna; Instytut Ekologii i Ochrony Środowiska UMK; ul. Gagarina 9; 87-100 Toruń; e-mail: koper@umk.pl

### Wstęp

Areał naturalnego występowania świerka pospolitego podzielony jest w Polsce na dwie części. W północno-wschodniej części kraju rosną drzewa z zasięgu borealno-bałtyckiego, natomiast wyżynna i górská część południowa znajduje się w zasięgu hercyńsko-karpackim [Boratyński 1998]. Udział człowieka w kształtowaniu środowiska leśnego sprawił, że gatunek ten został wprowadzony w rejony, które znajdują się poza jego naturalnym zasięgiem. Powszechne występowanie świerka z dala od granicy jego areału, np. w Polsce w północno-zachodniej, umożliwiła prześledzenie dynamiki przyrostowej tego gatunku na obszarze gdzie przeważają odmienne niż w zakresie naturalnego zasięgu cechy klimatu.

Pod względem dendrochronologicznym świerk pospolity jest gatunkiem stosunkowo dobrze poznany [Mäkinen i in. 2001; Wilson, Hopfmüller 2001; Mäkinen i in. 2003; Dittmar, Elling 2004; Vitas 2004]. W Polsce, do tej pory, przedmiotem zainteresowania były głównie drzewa rosnące w obrębie naturalnego zasięgu [Feliksik, Wilczyński 2000; Zielski, Koprowski 2001; Koprowski, Zielski 2002; Koprowski, Zielski 2006]. Badania nad wpływem czynników środowiskowych u świerków z różnych proveniencji prowadzili Burczyk i Giertych [1988].

Ponieważ świerki z Pomorza Zachodniego pochodzą prawdopodobnie z różnych regionów, celem pracy było zbadanie, w jaki sposób okazy te zaadaptowały się do warunków środowiskowych panujących poza naturalnym zasięgiem i czy o dystrybucji wzoru przyrostowego w przestrzeni decyduje pochodzenie drzew.

Badania cech dymensyjnych szyszek świerka pospolitego umożliwiają określenie jego przynależności do populacji, chodzi tu szczególnie o takie cechy jak: długość górnej części łuski i jej stosunek do długości łuski i do szerokości łuski [Barzdajn 1996]. Badania nad zmiennością szyszek świerkowych prowadzili w Polsce Chylarecki i Giertych [1969]. Założono, że jeśli na podstawie pomiarów cech szyszek można określić pochodzenie świerka pospolitego, to możliwe jest również wyznaczenie pokrewieństwa pomiędzy poszczególnymi grupami drzew.

Celem pracy było określenie rozkładu wzoru przyrostowego w przestrzeni na tle rozkładu cech pomiarowych łusek nasiennych. Podjęto też próbę odpowiedzi na pytanie czy pochodzenie drzewa wpływa na przyrosty roczne.

## Materiał i metody

Do badań wytypowano drzewa na sześciu stanowiskach w czterech nadleśnictwach (tab. 1) północno- zachodniej Polski (ryc. 1). Próby pobrano przy pomocy świdra Presslera na wysokości 130 cm od podstawy pnia. Na każdym stanowisku wytypowano po 10 drzew bez zewnętrznych oznak chorobowych, z których pobrano po dwa wywierty, po jednym ze strony wschodniej i zachodniej. Szerokość przyrostów rocznych zmierzono z zaokrągleniem do 0,001 mm za pomocą programu CooRecorder ([www.cybis.se](http://www.cybis.se)). Program Cdendro ([www.cybis.se](http://www.cybis.se)) został wykorzystany do skorelowania poszczególnych pomiarów z prób, w celu wytypowania sekwencji osobniczych, które posłużą do złożenia lokalnych chronologii. Kolejnym etapem budowania chronologii dla poszczególnych stanowisk było testowanie wytypowanych prób. Wykorzystano do tego program COFECHA [Holmes 1994, Grissino – Mayer 2001], który analizuje każdą serię w stosunku do utworzonej chronologii wzorcowej i porównuje wartości współczynników korelacji. Tak wyselekcjonowane sekwencje posłużyły do złożenia chronologii lokalnych. Ich podobieństwo zostało wyznaczone na podstawie wartości współczynnika  $t$  [Baille, Pilcher 1973] i GL [Huber 1943]. Statystyki opisowe użyte w badaniach to: średnia szerokość przyrostów rocznych, ich odchylenie standardowe, średnia wrażliwość oraz autokorelacja [Zielski, Krapięć 2004].

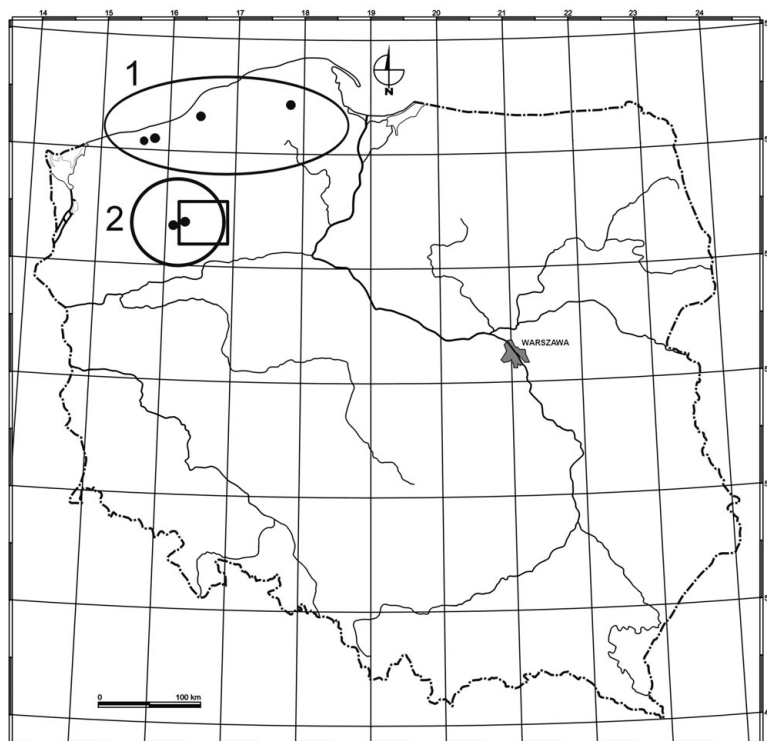
Do dalszych badań zastosowano dwa rodzaje chronologii:

- chronologię rzeczywistą złożoną z uśrednionych wartości przyrostów rocznych i przedstawioną w postaci rzeczywistych wartości liczbowych,

**Tabela 1.**

Stanowiska badawcze świerka pospolitego  
Study sites of Norway spruce

| Nadleśnictwo | Leśnictwo | Oddział | Siedlisko | Położenie geograficzne |             |
|--------------|-----------|---------|-----------|------------------------|-------------|
|              |           |         |           | E                      | N           |
| Cewice       | Cewice    | 204a    | LMśw      | 17° 47,833'            | 54° 25,573' |
| Gościno 1    | Włocibórz | 150d    | LMśw      | 15° 44,372'            | 54° 04,528' |
| Gościno 2    | Włocibórz | 151f    | LMśw      | 15° 44,073'            | 54° 04,506' |
| Sławno       | Leśnica   | 182b    | Lśw       | 16° 27,400'            | 54° 18,401' |
| Świerczyna 1 | Dąbrowa   | 40a     | Lśw       | 16° 10,486'            | 53° 24,189' |
| Świerczyna 2 | Dębosz    | 365c    | LMśw      | 16° 12,966'            | 53° 26,877' |



Ryc. 1.

Lokalizacja stanowisk badawczych świerka

Localisation of Norway spruce study sites

Stanowiska o podobnym przebiegu wzoru przyrostowego otoczono, kwadratem oznaczono stanowisko wyróżniające się pod względem cech biometrycznych szyszek. 1- od zachodu stanowiska: Gościno 1 i 2, Sławno i Cewice, 2- od zachodu stanowiska: Świerczyna 1 i 2  
 Sites characterised by similar increment pattern were circled, the site standing out in terms of biometric features of the cones was put into a square. 1- from the west sites: Gościno 1 and 2, Sławno and Cewice, 2- from the west sites: Świerczyna 1 and 2

– chronologię rezydualną, która została otrzymana po zastosowaniu programu CRONOL z pakietu programów DPL (Dendrochronology Program Library) [Holmes 1994].

Chronologie rezydualne złożone dla poszczególnych stanowisk zostały wykorzystane do analiz przestrzennych, które wykonano za pomocą modułu HCA (Hierarchical Cluster Analysis) z pakietu Statistica. Program pogrupował chronologie pod względem przebiegu wzoru przyrostowego. Podziału na klastry dokonano na podstawie metody Warda i korelacji Pearsona.

Na każdym stanowisku badawczym zebrano losowo 30 szyszek i dokonano pomiarów ich długości i szerokości, długości i szerokości łuski nasiennej oraz długości górnej części łuski nasiennej, dla której obliczono jej stosunek do długości i szerokości łuski. Według Barzdajna [1996] cechami, które mają największe znaczenie przy przyporządkowaniu świerków do populacji, są trzy ostatnie parametry, stąd do dalszych badań wykorzystano te wartości. W celu pogrupowania stanowisk na podstawie pomiarów szyszek zastosowano metodę Warda i odległości euklidesowe.

## Wyniki i dyskusja

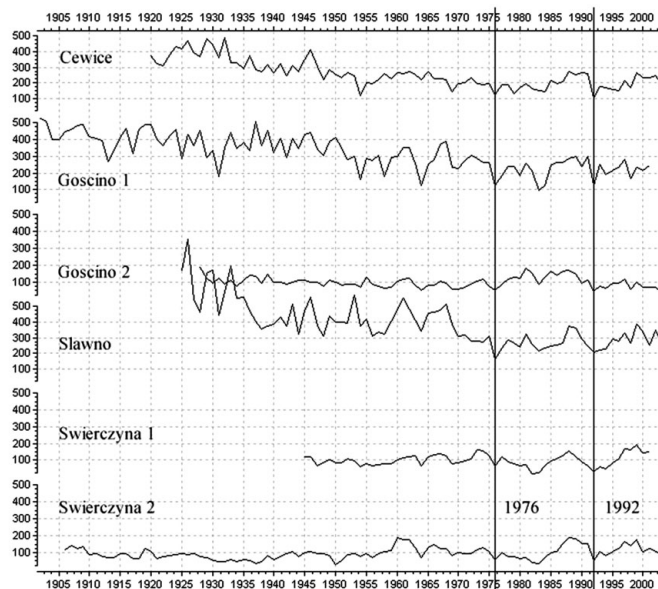
Pomiary szerokości słoików przyrostu rocznego pozwoliły na złożenie 6 chronologii reprezentujących poszczególne stanowiska. Najdłuższe chronologie zestawiono dla drzew z Nadleśnictwa

Gościno (stanowisko 1) i Świerczyna (stanowisko 1), gdzie najstarsze wydатовane przyrosty tworzyły się na początku ubiegłego wieku (tab. 2). Relatywnie niska wartość średniej wrażliwości przy jednocześnie wysokiej wartości autokorelacji i odchylenia standardowego wskazują na istnienie silnego trendu wiekowego w chronologiach rzeczywistych. Został on usunięty w procesie indeksacji (tab. 2.). Cechą wspólną chronologii rzeczywistych i rezydualnych jest obecność lat wskaźnikowych (ryc. 2, 3). Zaobserwowano je u drzew na wielu stanowiskach w Europie

Tabela 2.

Statystyki opisowe chronologii świerka pospolitego z Pomorza Zachodniego  
Descriptive statistics of the Norway spruce chronologies from Western Pomerania

|                         | Stanowisko   | Liczba prób w średniej | Przedział | Średni przyrost | Odch. stand. | Auto-korelacja | Średnia wrażliwość |
|-------------------------|--------------|------------------------|-----------|-----------------|--------------|----------------|--------------------|
| Chronologia rzeczywista | Cewice       | 10                     | 1920-2003 | 2,19            | 0,853        | 0,553          | 0,271              |
|                         | Gościno 1    | 12                     | 1902-2001 | 2,82            | 1,250        | 0,624          | 0,319              |
|                         | Gościno 2    | 8                      | 1928-2003 | 1,94            | 0,834        | 0,612          | 0,306              |
|                         | Sławno       | 9                      | 1925-2003 | 3,37            | 1,384        | 0,650          | 0,281              |
|                         | Świerczyna 1 | 5                      | 1945-2001 | 2,97            | 1,503        | 0,601          | 0,378              |
|                         | Świerczyna 2 | 10                     | 1906-2003 | 2,26            | 1,142        | 0,697          | 0,297              |
| Chronologia rezydualna  | Cewice       |                        |           |                 | 0,187        | -0,160         | 0,234              |
|                         | Gościno 1    |                        |           |                 | 0,212        | -0,200         | 0,279              |
|                         | Gościno 2    |                        |           |                 | 0,259        | -0,090         | 0,312              |
|                         | Sławno       |                        |           |                 | 0,229        | -0,070         | 0,259              |
|                         | Świerczyna 1 |                        |           |                 | 0,243        | -0,030         | 0,308              |
|                         | Świerczyna 2 |                        |           |                 | 0,265        | -0,060         | 0,313              |

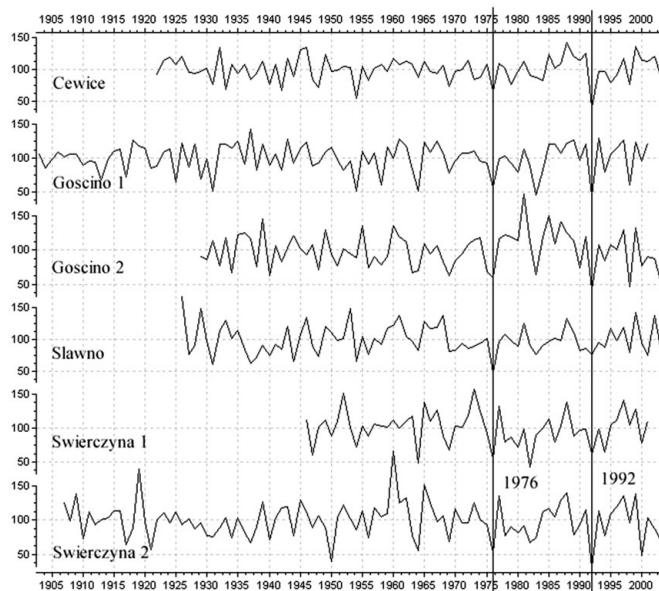


Ryc. 2.

Chronologie rzeczywiste świerka pospolitego na Pomorzu Zachodnim  
Standard chronologies of Norway spruce from Western Pomerania

Pionowymi liniami oznaczono wybrane lata wskaźnikowe  
Vertical lines indicate selected pointer years

– np. rok 1976 [Eckstein i in. 1983] czy 1992 [Vitas 2001]. Mimo tak jednorodnej reakcji drzew, chronologie pogrupowano na podstawie podobieństwa przebiegu wzoru przyrostowego. Największe podobieństwo istnieje między chronologiami z Nadleśnictwa Świerczyna, dla których wartość  $t$  wynosi 9,6 i jest najwyższą, jaką uzyskano przy porównywaniu poszczególnych stanowisk (tab. 3, ryc. 4). Jest to spowodowane tym, że stanowiska z tego Nadleśnictwa położone są bardziej na południe od pozostałych, stąd ich wyraźna izolacja (ryc. 1, 4). Pod względem klimatycznym region, w którym znajduje się Nadleśnictwo Świerczyna jest obszarem nieco cieplejszym i otrzymującym mniej opadów (średnia roczna 500-550 mm) niż stanowisko z Nadleśnictwa Cewice należące do Pojezierza Wschodniopomorskiego, czy pozostałe stanowiska zlokalizowane na Pobrzeżu Południowobałtyckim, gdzie średnie sumy opadów przekraczają



Ryc. 3.

Chronologie rezydualne świerka pospolitego na Pomorzu Zachodnim

Residual chronologies of Norway spruce from Western Pomerania

Pionowymi liniami oznaczono wybrane lata wskaźnikowe

Vertical lines indicate selected pointer years

Tabela 3.

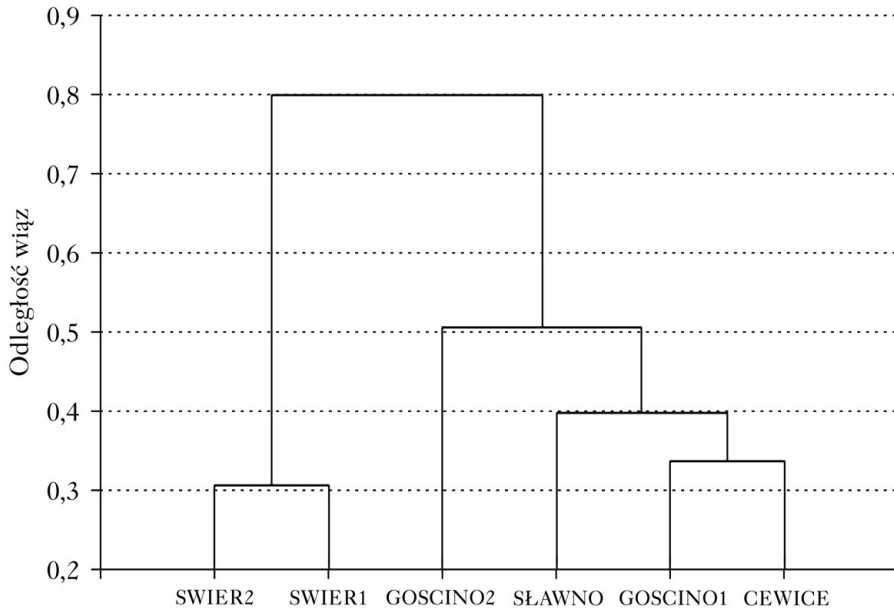
Podobieństwo chronologii świerka pospolitego z Pomorza Zachodniego

Resemblance of the Norway spruce chronologies from Western Pomerania

| t            | GL  | Cewice | Gościno 1 | Gościno 2 | Sławno | Świerczyna 1 | Świerczyna 2 |
|--------------|-----|--------|-----------|-----------|--------|--------------|--------------|
| Cewice       | –   | –      | 0,59      | 0,53      | 0,55   | 0,60         | 0,53         |
| Gościno 1    | 6,5 | –      | –         | 0,69      | 0,60   | 0,59         | 0,48         |
| Gościno 2    | 5,4 | 8,00   | –         | –         | 0,42   | 0,61         | 0,63         |
| Sławno       | 5,7 | 6,50   | 4,00      | –         | –      | 0,56         | 0,45         |
| Świerczyna 1 | 5,4 | 5,30   | 5,70      | 4,90      | –      | –            | 0,79         |
| Świerczyna 2 | 5,6 | 5,30   | 6,90      | 4,40      | 9,60   | –            | –            |

GL – współczynnik Gleichlaufigkeit; t – wartość statystyki t-Studenta

GL – Gleichlaufigkeit coefficient; t – Student's t value



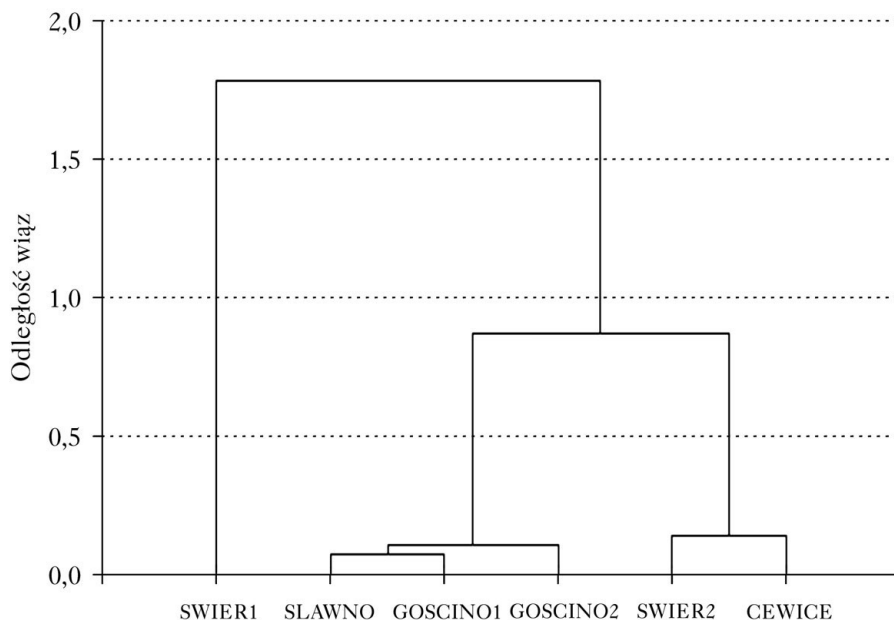
Ryc. 4.

Skupienia stanowisk badawczych według podobieństwa wzoru przyrostowego  
Clusters of the study sites determined on the basis of similarity in increment patterns

600 mm, zimy są łagodne, a lata niezbyt upalne [Kondracki 2002]. Czynnikiem klimatycznym jest zatem najsilniej wpływającym elementem na rozkład przyrostów rocznych świerka w przestrzeni, co stwierdzono również we wcześniejszych badaniach tego gatunku na niżu [Koprowski, Zielski 2006], czy w górach [Wilson, Hopfmueller 2001]. Wyniki otrzymane z pomiarów cech biometrycznych szyszek [Szóstak 2006] wskazują na znaczną różnicę pomiędzy stanowiskiem Świerczyna 1 a pozostałymi (ryc. 1, 5). Zakładając, że cechy biometryczne określają nam proveniencję drzew i w związku z tym możemy wnioskować o pokrewieństwie badanych populacji, możemy stwierdzić, że pochodzenie drzew w niewielkim stopniu decyduje o rozkładzie wzoru przyrostowego w przestrzeni. Do podobnych wniosków doszli Burczyk i Giertych [1988], którzy badali różne proveniencje świerka na trzech powierzchniach doświadczalnych i stwierdzili, że niezależnie od tego skąd pochodzą badane populacje, to reakcja na suszę jest podobna.

## Wnioski

- ✦ Największe podobieństwo chronologii odnotowano pomiędzy stanowiskami umiejscowionymi w niedalekiej odległości, w tych samych nadleśnictwach (Świerczyna 1 i 2,  $t=9,6$ ; Gościno 1 i 2,  $t=8,0$ ). Drzewa rosnące na obszarze o mniejszej sumie opadów rocznych (Ndl. Świerczyna) odróżniają się od pozostałych pod względem corocznej zmienności szerokości słoja przyrostów rocznych, co świadczy o roli klimatu w przestrzennym rozkładzie wzoru przyrostowego,
- ✦ Rozkład wzoru przyrostowego w przestrzeni zależy bardziej od czynników ponadregionalnych, takich jak klimat niż od tego skąd pochodzą badane populacje. Rozkład cech biometrycznych szyszek różnicuje jedno ze stanowisk, jednakże wzór przyrostowy tych drzew nie odbiega znacznie od pozostałych.



Ryc. 5.

Skupienia stanowisk badawczych według podobieństwa wzoru przyrostowego  
 Clusters of the study sites determined on the basis of similarity in increment patterns

## Literatura

- Baille M. G. L., Pilcher J. R. 1973. A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*. 33: 7-14.
- Barzdajn W. 1996. Ocena wartości diagnostycznej morfologicznych cech szyszek świerka pospolitego [*Picea abies* (L.) Karst.] w celu wyróżniania jego proveniencji. *Sylvan* 9: 61-75
- Boratyński A. 1998. Systematyka i geograficzne rozmieszczenia. O dysjunkcjach w zasięgu świerka. W: *Biologia świerka pospolitego*. PAN. Instytut Dendrologii. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Burezyk J., Giertych M. 1988. Wpływ suszy i innych czynników środowiskowych na wielkość przyrostu grubości świerka (*Picea abies* (L.) Karst.) różnych proveniencji. *Arboretum Kórnickie* 23: 181-208
- Chylarecki H., Giertych M. 1969. Variability of *Picea abies* (L.) Karst. Cones in Poland. *Arboretum Kórnickie* 14: 39-71.
- Dittmar C., Elling W. 2004. Radial Growth of Norway Spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] at the Coulissenhieb Site in Relation to Environmental Conditions and Comparison with Sites in the Fichtelgebirge and Erzgebirge. *Ecological Studies*. 172: 291-311.
- Eckstein D., Aniol R. W., Bauch J. 1983. Dendroklimatologische Untersuchungen zum Tannensterben. Sonderdruck aus *European Journal of Forest Pathology* 13, 5-6: 279-288.
- Feliksik E., Wilezyński S. 2000. Climatic impact on the radial of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from the Ustroń Forest District. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie*. 376: 13-23. Leśnictwo. 29.
- 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. 1994. *Dendrochronology Program Library. Users Manual*. Tucson, Arizona. 51.
- Huber B. 1943. Über die Sicherheit jahringchronologischer Datierung. *Holz* 6: 263-268.
- Kondracki J. 2002. *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa.
- Koprowski M., Zielski A. 2002. Lata wskaźnikowe u świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karsten) na Pojezierzu Olsztyńskim. *Sylvan* 11: 29-39.
- Koprowski M., Zielski A. 2006. Dendrochronology of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from two range centres in lowland Poland. *Trees* 20: 383-390
- Mäkinen H., Nojd P., Mielikäinen K. 2001. Climatic signal in annual growth variation in damaged and healthy stands of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in southern Finland. *Trees* 15: 177-185.

- Mäkinen H., Nöjd P., Kahle H-P., Neumann U., Tveite B., Mielikäinen K., Röhle H., Spiecker H. 2003. Large-scale climatic variability and radial increment variation of *Picea abies* (L.) Karst. in central and northern Europe. *Trees* 17:173-184.
- Szóstak Sz. 2006. Zróżnicowanie wzoru przyrostowego świerka pospolitego [*Picea abies* (L.) Karsten] poza naturalnym zasięgiem a jednorodność materiału genetycznego. Praca wykonana w Pracowni Dendrochronologicznej Instytutu Ekologii i Ochrony Środowiska UMK. 46.
- Vitas A. 2001. Drought of 1992 in Lithuania and Consequences to Norway Spruce. *Baltic Forestry*. 7, 2 (13).
- Vitas A. 2004. Tree rings of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) in Lithuania as drought indicators: dendroecological approach. *Polish Journal of Ecology*. 2: 201-210.
- Wilson R. J. S., Hopfmüller M. 2001. Dendrochronological investigations of Norway spruce along an elevational transect in the Bavarian Forest, Germany. *Dendrochronologia*. 19 (1): 67-79.
- Zielski A., Koprowski M. 2001. Dendrochronologiczna analiza przyrostów rocznych świerka pospolitego na Pojezierzu Olsztyńskim. *Sylwan* 7: 65-73.
- Zielski A., Krąpiec M. 2004. *Dendrochronologia*. PWN, Warszawa.

## SUMMARY

### Dendrochronological analysis of annual increments of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) outside its natural range in comparison to biometric features of the cones

Natural distribution of Norway spruce in Poland covers two separate parts. Trees that grow in the north-eastern Poland originate from the boreal-baltic range, while those from southern, upland and mountainous regions, represent hercinian-carpathian range [Boratyński 1998]. Common presence of Norway spruce far beyond area of its natural distribution (e.g. north-western Poland) allows to investigate the increment dynamics of this species in the area where marine features of climate prevail.

For spruces from the Western Pomerania come probably from different regions, the objectives of the study were to investigate the way the trees adapted to the environmental conditions outside the natural range and to determine whether the origin of the trees decide on spatial distribution of increment pattern. It was assumed that if it is possible to determine the origin of Norway spruce on the basis of cone measurements, it is also possible to elucidate the consanguinity of individual tree groups.

The material was collected in four Forest Districts in north-western Poland (Fig. 1, Tab. 1). Dendrochronological analysis was carried out according to the guidelines presented in Zielski, Krąpiec [2004]. Biometric features of the cones that are of diagnostic importance in distinguishing of the spruce provenience were measured [Barzdajn 1996].

The longest chronologies were built for Gościno Forest District (site no. 1) and Świerczyna Forest District (site no. 1) (Tab. 2). The common feature in both standard and residual chronologies (Fig. 3, 4) is the presence of pointer years (e.g. 1976 or 1992). The greatest resemblance of tree-ring series can be observed in Świerczyna Forest District (Tab. 3, Fig. 4), where the t-value (9,6) is the highest of the received in comparison of the sites. It is caused by the localisation of the sites from the Świerczyna Forest District farther southwards than the other sites. Results of the cone dimensions analysis [Szóstak 2006] reveal significant difference between site no. 1 from the Świerczyna Forest District (Fig. 1 and 5). The origin of the trees seems to decide on the spatial distribution of the increment pattern in a little way.