


Lata wskaźnikowe świerka pospolitego z Puszczy Augustowskiej

Michał Orzechowski, Robert Tomusiak, Marek Ksepko

Abstrakt. W badaniach analizowano wpływ zmian warunków wilgotnościowych na przyrosty radialne świerka w Puszczy Augustowskiej. Zbadano występowanie lat wskaźnikowych świerka w powiązaniu z warunkami termiczno-pluwiwnymi na siedliskach hydrogenicznych i mineralnych. Wykorzystano dane z 344 drzew (po 2 prostopadłe wywierty z drzewa). Uwzględniono okres 1926-2013, wspólny dla większości stanowisk. Dla każdego roku wskaźnikowego prześledzono średnią miesięczną temperaturę powietrza oraz miesięczne sumy opadów atmosferycznych zarówno w czasie tworzenia się słoja rocznego, jak i w miesiącach poprzedzających powstawanie przyrostu, począwszy od lipca poprzedniego roku. Wielkości te porównano ze średnimi z wielolecia 1926-2010. Przeprowadzono analizę porównawczą lat wskaźnikowych dla siedlisk hydrogenicznych i mineralnych. Pozytywne lata wskaźnikowe, wspólne dla świerczyn Puszczy Augustowskiej, cechowały się wysokimi opadami miesięcy zimowych (I-III), a także maja, czerwca i września. Stwierdzono również wyższą temperaturę miesięcy zimowych i wczesnej wiosny (I-IV) w porównaniu do średniej z wielolecia. Wykazano, że charakterystyczne dla negatywnych lat wskaźnikowych były niższe opady od średniej wieloletniej w maju i czerwcu, oraz niższa temperatura w miesiącach od stycznia do kwietnia i w mniejszym stopniu lipca, sierpnia i września. Wykazano występowanie odmiennych lat wskaźnikowych dla siedlisk hydrogenicznych i mineralnych, chociaż świerk intensywniej reagował na zmiany warunków klimatycznych na glebach bez wyraźnego wpływu wód gruntowych.

Słowa kluczowe: lata pozytywne, lata negatywne, warunki termiczno-pluwiwalne, przyrost radialny

Abstract. Pointer years of Norway spruce in Augustowska Forest. In a study the impact of changes in moisture conditions on the growth of spruce was analyzed. We examined the occurrence of pointer years for Norway spruce in conjunction with the thermal and pluvial conditions on habitats created on both hydrogenic and mineral soils. Empirical data come from 344 sample trees (2 perpendicular cores per a tree). The analysis were performed for period 1926-2013, the common interval for majority of sites. For each pointer year the average monthly air temperature and monthly precipitation were investigated, both for the year of ring formation dries and months from July to December of the previous year. These values were compared to long-term average (1926-2010). A comparative analysis of pointer years between hydrogenic and mineral forest sites were carried out. Positive pointer years indicator, common for spruce stands from Augustów Forest, were characterized by high rainfall during winter (January-March) and May, June and September. During positive pointer years the



higher temperature of winter and early spring was observed. It has been shown that during negative pointer years both lower rainfall in May and June and lower temperature of winter and early spring, as well as in July, August and September were observed (comparing to long-term average). Pointer years specific only for hydrogenic or mineral forest sites were indicated, although spruce growing on mineral soils shown more intensive response to climate conditions change.

Key words: positive years, negative years, thermal and pluvial conditions, radial increment

Wstęp

Badania reakcji przyrostowych drzew i drzewostanów na zmieniające się warunki klimatyczne i siedliskowe nabierają istotnego znaczenia w związku z ocieplaniem się klimatu. Przewidywane scenariusze zmian dla terenów Polski sugerują polepszanie się warunków wzrostowych dla większości gatunków drzew (Brzeziecki 1994, 1995, Brzeziecki i in. 2012, Drozdowski i in. 2012, Kundzewicz 2013, Rykowski 2012, Zajączkowski i in. 2013, Borecki i in. 2016) przy wzrastającym ryzyku prowadzenia gospodarki leśnej, wynikającym ze zwiększania się częstotliwości zjawisk o charakterze kłęskowym (Bruchwald i Dmyterko 2012, Stępień 2014, Orzechowski i Wójcik 2014, Borecki in. 2016).

Lata wskaźnikowe można traktować jako udokumentowanie ekstremalnej reakcji przyrostowej na zmianę warunków środowiska. Są to lata, w których u większości drzew badanej populacji nastąpiła wyraźna zmiana szerokości słoju rocznych; wzrost szerokości - rok pozytywny lub węższy przyrost - rok negatywny. Mogą one służyć między innymi do rekonstrukcji zdarzeń ekstremalnych występujących w przyrodzie. Wzbogacają wiedzę o ekologii drzew, m.in. w zakresie ich wymagań klimatycznych (Schweingruber i in. 1990; Petitcolas i Rolland 1996; Neuwirth i in. 2004; Wileczyński 2004, Bijak 2008, Szymański i in. 2014).

Celem niniejszych badań była analiza lat wskaźnikowych augustowskich świerczyn na siedliskach gleb hydrogenicznych i mineralnych, będących pod wpływem wód gruntowych i mineralnych gleb świeżych. Były one częścią szerszych badań nad reakcjami drzewostanów Puszczy Augustowskiej na realizowane w przeszłości zabiegi melioracyjne w zlewniach.

Obiekt badań

Teren Puszczy Augustowskiej, największego zwarteo kompleksu leśnego w Polsce, stanowi dobry obiekt referencyjny do badań nad wpływem melioracji na przyrosty drzew (Ksepko 2012). Gleby są zdominowane przez rozległy, piaszczysty sandr i odpowiadają innym puszczołom Niżu Polskiego, a tereny bagienne były obiektem udokumentowanych prac melioracyjnych. Pod względem klimatycznym Puszcza leży w granicach XII – Mazursko-Podlaskiego regionu klimatycznego i wyróżnia się największą częstością pojawiania się pogód najmroźniejszych, ze średnią dobową powietrza poniżej 15,0°C; z najwyższą w kraju liczbą dni z pogodą dość mroźną i przymrozkową (Woś 1996).

Przez jej teren przebiega dział wodny między dorzeczem Wisły i Niemna. Większa część Puszczy z głównymi rzekami: Czarną Hańczą i Marychą leży w dorzeczu Niemna, nieduża południowo-zachodnia część z rzekami Rospudą i Nettą – w dorzeczu Narwi. Zlewnie podsta-

wowe wymienionych rzek i ich mniejszych dopływów były potraktowane jako „obiekty melioracyjne”, które podlegały w przeszłości zabiegom regulacyjnym. Stanowiska dendrochronologiczne zostały wybrane na terenie takich obiektów melioracyjnych oraz poza nimi jako powierzchnie referencyjne, które nie powinny reagować na antropogeniczne zmiany warunków wilgotnościowych. Na siedliskach hydrogenicznych dominowały gleby torfowo-murszowe i glejo-bielicowe a na powierzchniach poza bezpośrednim wpływem lustra wód gruntowych i na powierzchniach referencyjnych – gleby rdzawe.

Material i metody

W pracy wykorzystano dane z 20 świerkowych stanowisk dendrochronologicznych (14 na siedliskach hydrogenicznych i 6 na siedliskach mineralnych) reprezentujących najstarsze drzewostany na terenie zlewni podstawowych. Do badań wybierano po około dwadzieścia świerków z każdego stanowiska. Drzewa te reprezentowały I i II klasę Krafra i nie posiadały widocznych śladów uszkodzeń czy deformacji oraz zgnilizny wewnętrznej. Z każdego drzewa pobierano po dwa wywierty dordzeniowe na wysokości pierśnicy, od strony północnej i wschodniej.

Wywierty zostały przyklejone do wyfrezowanych listew oraz przeszlifowane papierem ściernym o różnym uziarnieniu. Przy użyciu kompresora usunięto pył. Wywierty zeskanowano na specjalistycznym skanerze ze zmienną głębią ostrości. Zastosowano rozdzielczość 1200 dpi dla wywiertów o szerokich słojach oraz 2400 dpi dla wywiertów na których dominowały słoje wąskie. Skany zapisano w postaci plików graficznych. Na ich podstawie zmierzono szerokości słojów rocznych przy pomocy programu komputerowego *CooRecorder*, który zapisuje współrzędne granic słoja rocznego, oraz *CDendro*, który przelicza współrzędne na jednostki metryczne oraz pomaga w datowaniu. W wyniku przeprowadzonych pomiarów uzyskano zapis szerokości słojów rocznych w postaci plików tekstowych. Dzięki pakietowi programów *DPL* (Holmes 1999) dane zostały przetransformowane do tzw. formatu kompaktowego (format własny biblioteki *DPL*). Za pomocą programu *COFECHA* (Grissino-Mayer 2001) sprawdzono zgodność datowania przyrostów rocznych poprzez wyliczenie współczynników korelacji pomiędzy daną sekwencją osobniczą, a tzw. chronologią wzorcową, utworzoną z pozostałych sekwencji osobniczej z wyłączeniem porównywanej. Wielkość współczynnika korelacji danej sekwencji z chronologią wzorcową uwypukliła istniejące nieścisłości wynikające z anomalii przyrostowych. Sekwencje, które miały najmniejsze wartości współczynnika korelacji zostały ponownie sprawdzone bądź odrzucone z dalszych analiz.

Śród kilku możliwych sposobów wyznaczania lat wskaźnikowych w niniejszej pracy zastosowano opisywany przez Croppera (1979) i Schweingrubera i in. (1990) sposób normalizacji w ruchomym oknie czasowym. Za rok wskaźnikowy uznawano rok, w którym szerokość słoja u co najmniej 60% badanych drzew na stanowisku odbiegała od średniej z siedmioletniego okresu (ruchome okno czasowe) o co najmniej pół odchylenia standardowego w górę (rok wskaźnikowy pozytywny) lub w dół (rok wskaźnikowy negatywny). Lata wskaźnikowe wyznaczono przy użyciu programu *WEISER* (Gonzalez 2001). Przy wyznaczaniu lat wskaźnikowych dla grupy stanowisk (siedliska hydrogeniczne bądź mineralne) przyjęto wystąpienie danego roku na co najmniej 50% stanowisk w danej grupie.

Prześledzono średnią miesięczną temperaturę powietrza oraz miesięczne sumy opadów atmosferycznych zarówno w czasie tworzenia się słoja rocznego, jak i w miesiącach poprzedzających powstawanie przyrostu, począwszy od lipca poprzedniego roku do września w roku

formowania się słoja rocznego. Dane do analiz warunków termiczno-pluwialnych pochodziły z bazy CRU TS XX (Mitchell, Jones 2005). Celem wyekspozowania czynników decydujących o powstaniu słoja rocznego o szerokości znacząco odbiegającej od siedmioletniej średniej ruchomej wyliczono różnice pomiędzy ilością opadów bądź średnią temperaturą w poszczególnych miesiącach lat wskaźnikowych a odpowiadającą im średnią z wielolecia. Sposób ten umożliwiał nie tylko wskazanie miesięcy, w których dany czynnik klimatyczny wpływał na wielkość przyrostu rocznego, ale również wskazanie natężenia i kierunku zmian.

Wyniki i dyskusja

W wyniku przeprowadzonych analiz wyróżniono lata wskaźnikowe dla świerczyn Puszczy Augustowskiej w okresie 1926-2013 (Tab. 1).

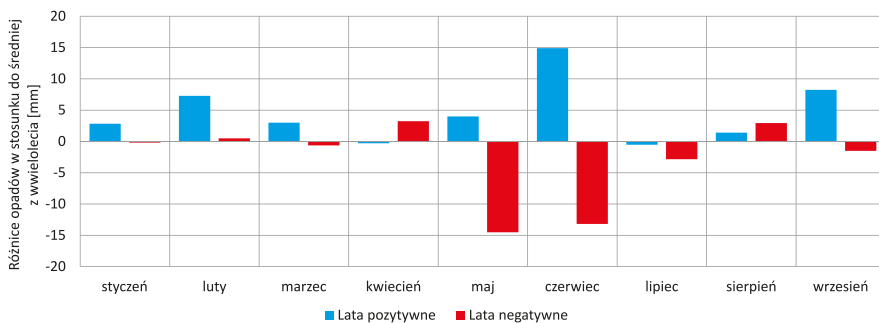
Tab. 1. Pozytywne (niebieskie) i negatywne (czerwone) lata wskaźnikowe świerka w Puszczy Augustowskiej w zależności od warunków siedliskowych. Liczba oznacza procent stanowisk dendrochronologicznych ($\geq 50\%$), na których wykazano rok wskaźnikowy.

Table 1. Positive (blue) and negative (red) pointer years of Norway spruce from Augustowska Forest in comparison of site condition. Number is a percentage of plots ($\geq 50\%$) with pointer year

| Rok | Siedliska hydrogeniczne | Siedliska mineralne świeże |
|------|-------------------------|----------------------------|
| 1926 | | 67 |
| 1931 | 89 | 67 |
| 1936 | 73 | 83 |
| 1941 | 92 | 100 |
| 1942 | 50 | 83 |
| 1945 | 62 | 67 |
| 1946 | 54 | |
| 1950 | | 100 |
| 1954 | 77 | 100 |
| 1956 | 69 | |
| 1957 | | 50 |
| 1961 | 69 | 100 |
| 1962 | | 50 |
| 1964 | 92 | 100 |
| 1967 | | 67 |
| 1971 | | 83 |
| 1974 | 57 | 83 |
| 1979 | 64 | 100 |
| 1980 | 86 | 67 |
| 1983 | | 50 |
| 1988 | | 67 |
| 1992 | 86 | 100 |
| 1993 | | 50 |
| 1997 | 57 | 83 |
| 2000 | 86 | 100 |
| 2006 | 93 | 100 |
| 2008 | 50 | |

Na siedliskach mineralnych (świeżych - bez wyraźnego wpływu wód gruntowych) zaobserwowano większą liczbę lat wskaźnikowych obu typów (24 vs. 18). Co więcej – ich występowanie było stwierdzone na większym udziale stanowisk. Na siedliskach wilgotnych i bagiennych, powstałych na glebach hydrogenicznych odnotowała się podobna liczba lat wskaźnikowych negatywnych jak na siedliskach świeżych (11 vs. 12), a mniej było lat wskaźnikowych pozytywnych (7 vs. 12). Zaobserwowana prawidłowość może wynikać z buforu dostępnych wód gruntowych dla korzeni drzew, co może oddziaływać łagodząco na reakcję drzew na zmiany warunków termiczno-pluwialnych notowanych w Puszczy Augustowskiej. Badania Bijaka (2007) w Puszczy Boreckiej wykazały nie tylko mniejszą wrażliwość świerka na siedliskach bagiennych (mniejsza liczba lat wskaźnikowych), ale również odmienny wzorzec reakcji drzew na ekstremalne warunki pogodowe. Wzrost drzew na siedliskach bagiennych jest w najmniejszym stopniu (spośród porównywanych w naszych badaniach typów siedlisk) warunkowany czynnikami klimatycznymi.

Latami wskaźnikowymi pozytywnymi zaobserwowanymi na największej części stanowisk był rok 1950 (tylko na siedliskach mineralnych) oraz lata wspólne dla obu rodzajów siedlisk: 1936, 1961, 1974 i 1997. Wśród lat wskaźnikowych negatywnych największym udziałem na badanych stanowiskach charakteryzowały się lata 1941, 1954, 1964, 1979, 1992, 2000 i 2006. Warto zauważyć, że wykazane w niniejszej pracy lata negatywne 1941, 1954, 1979, 1980, 1992 i 1993 pokrywają się z latami wskazanymi przez Vitasa (2002) badającego świerka na Litwie. Zgodne z nimi są również lata pozytywne: 1946, 1950, 1962, 1974, 1983 i 1997. Dużą zgodność stwierdzono także z zestawem lat wskaźnikowych świerka wykazanych przez Bijaka (2011) dla północno-wschodniej Polski i krajów nadbałtyckich oraz z prawidłowościami reakcji na różnych typach siedlisk (Bijak 2007). Wykazane w niniejszej pracy lata wskaźnikowe częściowo odbiegały od podawanego przez Muter i Bednarz (2003) zestawu lat wskaźnikowych dla południowej Norwegii.

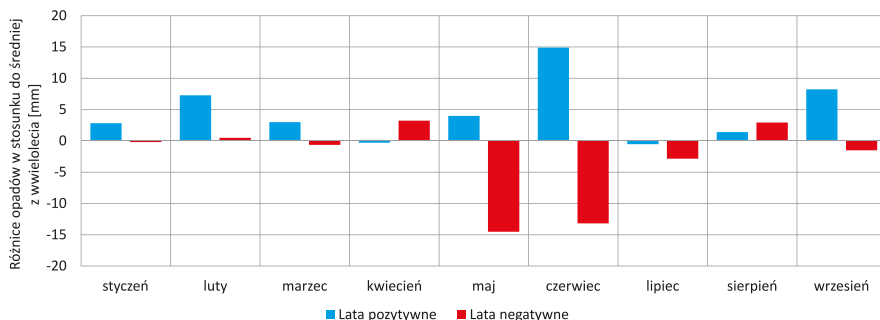


Ryc. 1. Porównanie różnic średnich opadów danego miesiąca ze średnią z wielolecia dla lat wskaźnikowych pozytywnych i negatywnych

Fig. 1. Comparison of differences in the average month rainfall with the multi-year average for positive and negative pointer years of Norway spruce

Pozytywne lata wskaźnikowe, wspólne dla świerczyn Puszczy Augustowskiej, cechowały się wyższymi opadami miesięcy zimowych (stycznia, lutego i marca), a także maja, czerwca i września (Ryc. 1). Stwierdzono również wyższą temperaturę miesięcy zimowych i wczesniej

wiosny w porównaniu do średniej z wielolecia (Ryc. 2). Dla negatywnych lat wskaźnikowych charakterystyczne były niższe opady od średniej wieloletniej w maju i czerwcu (Ryc. 1) oraz niższa temperatura w sezonie wegetacyjnym (Ryc. 2). Wyniki te odbiegają od danych ze Skandynawii, gdzie decydujący wpływ na szerokość słoików rocznych świerków ma temperatura miesięcy letnich, głównie czerwca (Mäkinen i in. 2000), bądź czerwca i lipca (Muter i Bednarz 2003).



Ryc. 2. Porównanie różnic średniej temperatury danego miesiąca ze średnią z wielolecia dla lat wskaźnikowych pozytywnych i negatywnych

Fig. 2. Comparison of differences in the average month temperature with the multi-year average for positive and negative pointer years of Norway spruce

Wnioski

- Większą liczbę lat wskaźnikowych wykazano dla siedlisk mineralnych w porównaniu z siedliskami hydrogenicznymi. Większa dostępność wody na tych siedliskach może osłabiać działanie czynników klimatycznych limitujących wzrost świerka.
- Pozytywne lata wskaźnikowe cechowały się wyższymi opadami miesięcy zimowych (I-III), a także maja, czerwca i września oraz wyższą temperaturą miesięcy zimowych i wczesniej wiosny (I-IV) w stosunku średniej wieloletniej.
- Zaobserwowano koincydencję krótkookresowej ujemnej reakcji przyrostowej (lata wskaźnikowe negatywne) z niższymi opadami atmosferycznymi maja i czerwca oraz niższą temperaturą w miesiącach zimy i wiosny.

Podziękowania

Badania przeprowadzono w ramach tematu zleconego przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych (Nr. O-2717-31/12) w latach 2012-2015 przez interdyscyplinary zespół w Katedrze Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa SGGW.

Literatura

Bijak Sz. 2007. Tree growth- climate response in relation to habitat type in spruce stands of the Borecka Primeval Forest W: Haneca K. et al. (eds.) TRACE – Tree Rings in Archeology, Climatology and Ecology 5: 54-59.

- Bijak Sz. 2008. Various factors influencing the pointer year analysis W: Elferts D. et al. (eds.) TRACE – Tree Rings in Archeology, Climatology and Ecology 6: 77-82.
- Bijak Sz. 2011. Wpływ warunków siedliskowych na przyrost radialny świerka pospolitego (*Picea abies* (L.)) w północno-wschodniej Polsce i krajach nadbałtyckich. Praca doktorska, maszynopis w Samodzielnej Pracowni Dendrometrii i Nauki o Produktowności Lasu SGGW.
- Borecki T., Orzechowski M., Stępień E., Wójcik R. 2016. Przewidywane oddziaływanie zmian klimatu na ekosystemy leśne i możliwe środki zaradcze. Studia i materiały CEPL (przyjęte do druku)
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2012. Ryzyko powstawania szkód w drzewostanach poszczególnych nadleśnictw Polski. Sylwan 156 (1): 19-27.
- Brzeziecki B. 1994. Rola matematycznego modelowania w prognozowaniu wpływu potencjalnych zmian klimatu na ekosystemy leśne. Sylwan 138 (10): 5-21.
- Brzeziecki B. 1995. Skale nominalne wymagań klimatycznych gatunków drzew leśnych. Sylwan 139 (3): 53-65.
- Brzeziecki B., Keczyński A., Zajączkowski J., Drozdowski S., Gawron L., Buraczyk W., Bielak K., Szeligowski H., Dzwonkowski M. 2012. Zagrożone gatunki drzew Białowieskiego Parku Narodowego (Rezerwat Ścisły). Sylwan 156 (4): 252-261.
- Cropper, J. P. 1979. Tree-ring skeleton plotting by computer. Tree-ring Bulletin 39: 47-59.
- Drozdowski S., Brzeziecki B., Żybura H., Żybura B., Gawron L., Buraczyk W., Zajączkowski J., Bolibok L., Szeligowski H., Bielak K., Widawska Z. 2012. Wieloletnia dynamika starodrzewów w zagospodarowanej części Puszczy Białowieskiej: gatunki ekspansywne i ustępujące. Sylwan 156 (9): 663-671.
- Gonzalez I. G. 2001. Weiser: a computer program to identify event and pointer years in dendrochronological series. Dendrochronologia 19 (2): 239-244.
- Grissino-Mayer H. D. 2001. Evaluating cross-dating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. Tree Ring Research 57: 205-221.
- Holmes R. L. 1999. Dendrochronology Program Library (DPL) Users Manual. LTRR University of Arizona, Tucson
- Kondracki J. 2001. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Ksepko M. 2012. Wpływ działalności człowieka na przekształcenia siedlisk hydrogenicznych Puszczy Augustowskiej. Rozprawa doktorska wykonana w ZUL SGGW.
- Kundzewicz Z.W. 2013. Konsekwencje przewidywanych zmian klimatu w ekosystemach leśnych. Maszynopis w ZUL SGGW.
- Mäkinen H., Nöjd P., Mielikäinen K. 2000. Climatic signal in annual growth variation of Norway spruce (*Picea abies*) along a transect from central Finland to the Arctic timberline. Can. J. For. Res. 30(5): 769-777.
- Mitchell T. D., Jones P. 2005. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. Int. J. of Climatology 25: 693-712
- Muter E., Bednarski B. (2003): Klimatyczne uwarunkowania przyrostu na grubość świerka (*Picea abies* (L.) H. Karst) z regionu Parku Narodowego Orntjernkampen w Norwegii. Sylwan 147 (3): 47-56
- Neuwirth B., Esper J., Schweingruber F.H., Winiger M. 2004. Site ecological differences to the climatic forcing of spruce pointer years from the Lötschental, Switzerland. Dendrochronologia 21: 69-78.
- Orzechowski M., Wójcik R. 2014. Regionalne zróżnicowanie ryzyka wystąpienia uszkodzeń drzewostanów w Polsce. Studia i Materiały CEPL 39: 44-54.
- Petitcolas V., Rolland C. 1996. Dendroecological study of three subalpine conifers in the region of Briançon (French Alps). Dendrochronologia 14: 247-253.
- Rykowski K. 2012. Program działań dla adaptacji do zmian klimatu w poszczególnych sektorach gospodarczych. Maszynopis w ZUL SGGW.
- 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: 9-38.
- Stępień E. 2014. Stabilność lasu i drzewostanów, metody szacowania oraz znaczenie w gospodarowaniu zasobami leśnymi. Studia i Materiały CEPL 39: 70-79.
- Szymański N., Łukasiewicz K., Pasięka D., Wilczyński S. 2014. Porównanie wyznaczania lat

- wskaźnikowych metodą czułości rocznej oraz proporcji. *Studia i Materiały CEPL* 40: 299-306
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.
- Vitas A. 2002. Impact of climate factors on the radial increment of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten). Summary of doctoral dissertation. Kaunas.
- Wilczyński S. 2004. Lata wskaźnikowe i wyjątkowe w ocenie związków klimat–przyrost. *Sylwan* 148 (5): 30-40.
- Woś A. 1996. Zarys klimatu Polski. Poznań: Wydaw. Nauk. UAM ss. 301.
- Zajączkowski J., Brzezicki B., Perzanowski K., Kozak I. 2013. Wpływ potencjalnych zmian klimatycznych na zdolność konkurencyjną głównych gatunków drzew w Polsce. *Sylwan* 157 (4): 253-261.
- Zielony R., Kliczkowska A. 2012. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. CILP, Warszawa.

¹Michał Orzechowski*, ²Robert Tomusiak, ³Marek Ksepko

¹SGGW w Warszawie, Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa

²SGGW w Warszawie, Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu

³Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Oddział w Białymstoku

*michal.orzechowski@wl.sggw.pl