

Anomalie drewna wtórnego świerka pospolitego (*Picea abies* L. Karst) w Tatrach

Ryszard J. Kaczka, Tomasz Biczuk, Barbara Czajka

Abstrakt. Badania dotyczą charakterystyki anomalii drewna wtórnego pni świerków rosnących w dwóch różnych piętrach roślinno-klimatycznych Tatr, tj. w reglu górnym (Dubrawiska, Dolina Pyszniańska) oraz dolnym (Adamica, Dolina Białki). Szczególną uwagę zwrócono na obecność bladych przyrostów, przyrostów mrozowych, oraz liczbę przewodów żywicznych (w tym przewodów traumatycznych) w obrębie słoików rocznych. Przeanalizowano drewno 120 drzew (pobierano jedną próbę z drzewa), które powstało w okresie 1868-2008. Stwierdzono, że anomalie występują częściej w drewnie świerków rosnących w reglu górnym. Najpowszechniejszym na wszystkich stanowiskach, jest występowanie w drewnie przewodów żywicznych (w sumie ponad 14000). Najrzadsze są przyrosty mrozowe, występujące niesynchronicznie w drewnie świerków z regła górnego i dolnego. Przyrosty blade wykazują zgodność występowania dla stanowisk z tej samej wysokości i pomiędzy piętrami.

Słowa kluczowe: Tatry, świerk, regiel górny, regiel dolny, anomalie drewna wtórnego, blade przyrosty, przyrosty mrozowe, przewody żywiczne

Abstract. Here we present characteristics of wood anomalies in tree-rings of Norway spruce from two different altitudinal zones in Tatras: pale rings, frost rings and resin ducts. The samples from two sites located in subalpine zone (Dubrawiska, Dolina Pyszniańska) and two from montane zone (Adamica, Dolina Białki) were analysed. Together, 120 samples (one core per tree was taken) representing common period of 1868 - 2008 were studied. The trees from subalpine zone consist more anomalies of all kinds. The most common anomalies, disregarding to the elevation are resin ducts, both regular and traumatic. Lowest number and lack of synchronicity along sites characterize the frost rings. The pale rings predominate in subalpine zone and they show similar pattern of appearances within sites and elevation

Key words: Tatras, spruce, subalpine zone, alpine zone, secondary wood anomalies, pale rings, frost rings, resin ducts

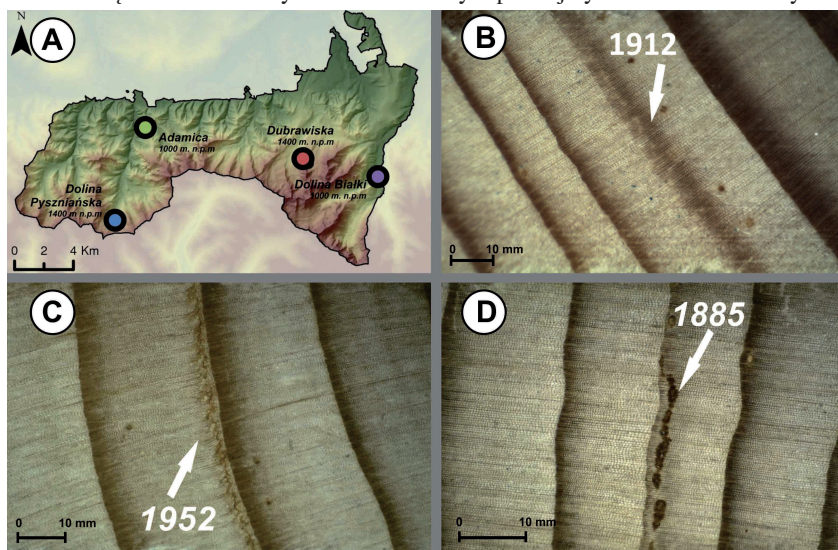
Wstęp

Klasykne analizy dendrochronologiczne bazujące na badaniu zmian szerokości przyrostów rocznych drewna wtórnego są coraz powszechniej uzupełniane o inne rodzaje danych, które w sposób trwały zapisane są w słoikach rocznych. Należą do nich, mierzone w różny sposób: gęstość drewna, kompozycja izotopów stabilnych, skład chemiczny drewna itp. Do tego typu danych należą również różnorodne anomalie drewna wtórnego. Wszystkie te „*proxy*” niosą informację o zmianach kondycji drzewa wynikających z współdziaływania czynników zewnętrznych i wewnętrznych.

Przyrosty mrozowe (ang. *frost ring*) powstają na skutek niszczącej działalności kryształów lodu powstających w komórkach ksylemu. Taka sytuacja może mieć miejsce jedynie, kiedy temperatura spada gwałtownie poniżej zera Celsjusza podczas sezonu wegetacyjnego (Cedro 2004; Girardin et al. 2009; Grandpré et al. 2011). W tej części roku rośliny nie są przygotowane do ochrony komórek przed powstawaniem w ich wnętrzu lodu (zmniejszenie ilości wody w płynach komórkowych, zwiększenie

stężenia cukrów itp.). Różnica gęstości wody w stanie ciekłym i stałym (blisko 10%) i spowodowane tym powstające podczas krystalizacji lodu naprężenia, powodują rozerwanie błony i ściany komórkowej i śmierć komórki (Schweingruber 1990). Po stopnieniu lodu komórka „zapada się”, tworząc specyficzny wzór w przyroście (Ryc. 1C). Tego typu anomalie w Tatrach mogą powstawać na początku okresu wegetacyjnego w kwietniu lub w maju, w wyniku gwałtownych spadków temperatury powietrza (Saava et al. 2006). Przyrosty blade (ang. *pale/light/moon ring*) to przyrosty, których drewno późne wizualnie charakteryzuje się wyraźnie jaśniejszą barwą (Ryc. 1B). Jest to wynikiem powstania ścian komórkowych o mniejszej, niż normalna, grubości i gęstości. Ściany komórek nie zostały odpowiednio wzbogacone w ligninę i celulozę, co jest zapisem pogorszenia kondycji drzew w czasie całego sezonu wegetacyjnego lub jego części (Krapiec 1999; Tardif et al. 2011). Kanały żywiczne (ang. *resin duct*) powstają w drewnie wtórnym w wyniku różnych procesów. Stanowią przewody, którymi transportowana jest żywica, spełniająca w drewnie rolę zabezpieczającą tkanki ekspozowane na działanie czynników niszczących. Występowanie w przyroście dużej ilości kanałów żywicznych, szczególnie skoncentrowanych w szeregi (traumatyczne przewody żywiczne) świadczy o uszkodzeniu drzewa (Ryc. 1D) (Schweingruber 1990). Przewody żywiczne są stałym składnikiem drewna świerka, z wyjątkiem przewodów traumatycznych nie są anomaliami strukturalnymi w takim sensie, jak blade przyrosty czy przyrosty mrozowe. Liczba przewodów w poszczególnych słojach jest bardzo zmienna i analiza ogólnej ich liczby miała posłużyć wychwyceniu związku ich wystąpienia z czynnikami środowiskowymi.

Celem badań było scharakteryzowanie występowania anomalii drewna wtórnego, w tym przyrostów mrozowych, bladych przyrostów oraz przewodów żywicznych w przyrostach rocznych świerków rosnących w dwóch piętrach roślinno-klimatycznych w Tatrach (Ryc. 1A). Anomalie drewna wtórnego stanowią bowiem zapis niesprzyjających warunków, towarzyszących aktywności kambium, kształtowaniu się ścian komórkowych oraz ewentualnych późniejszych zmian anatomicznych.



Ryc. 1. Anomalie występujące w drewnie świerka pospolitego *Picea abies* L. Karst (przekroje poprzeczne) rosnącego na różnych wysokościach na obszarze Tatr: A) lokalizacja stanowisk badawczych; B) blade przyrosty w 1912; C) mrozowy przyrost w 1952; D) traumatyczne kanały żywiczne w 1885

Fig. 1. Secondary wood anomalies of Norway spruce trees grow at differ elevation in the Tatras: A) location of tree-ring sites in the Polish Tatras, B) examples of two pale rings: 1978 and 1980, C) example of frost ring (1952), d) traumatic resin ducts in the tree-ring 1885

Material i metody

Badania prowadzono na próbkach drewna świerków rosnących na czterech stanowiskach - dwóch w reglu górnym (ok. 1400 m n.p.m.) - Dubrawiska, Dolina Pysznińska oraz dwóch w reglu dolnym (1000 m n.p.m.) — Adamica i Dolina Białki. Stanowiska położone na wysokości 1400 m n.p.m. należą do ekotonu górnej granicy lasu, gdzie zróżnicowane czynniki środowiskowe utrudniają wzrost drzew. Pomimo znacznej odległości pomiędzy stanowiskami, obydwa reprezentują typ górnej granicy lasu, gdzie głównym czynnikiem ograniczającym wzrost jest klimat, głównie temperatura (Bednarz 1982, 1983; Saava et al. 2006; Büntgen et al. 2007; Czajka 2010). Stanowiska w reglu dolnym reprezentują bardziej zróżnicowane siedliska. Dolina Białki to największa z tatrzańskich dolin walnych po północnej stronie gór. Stanowisko badawcze jest zlokalizowane w dnie doliny, na lewym brzegu na wysokości 1000 m n.p.m. Adamica to całkowicie zalesiony grzbiet kończący północno-zachodnią grań Ciemniaka w Tatrach Zachodnich.

Z każdego stanowiska badawczego pobrano minimum 30 prób, wykonując odwierty świdrem przyrostowym Presslera (średnica 5 mm) na wysokości pierśnicy. Pozyskane wywierty przygotowano wklejając do listw mocujących i szlifując w celu uzyskania powierzchni zapewniających dokładną obserwację pojedynczych komórek drewna.

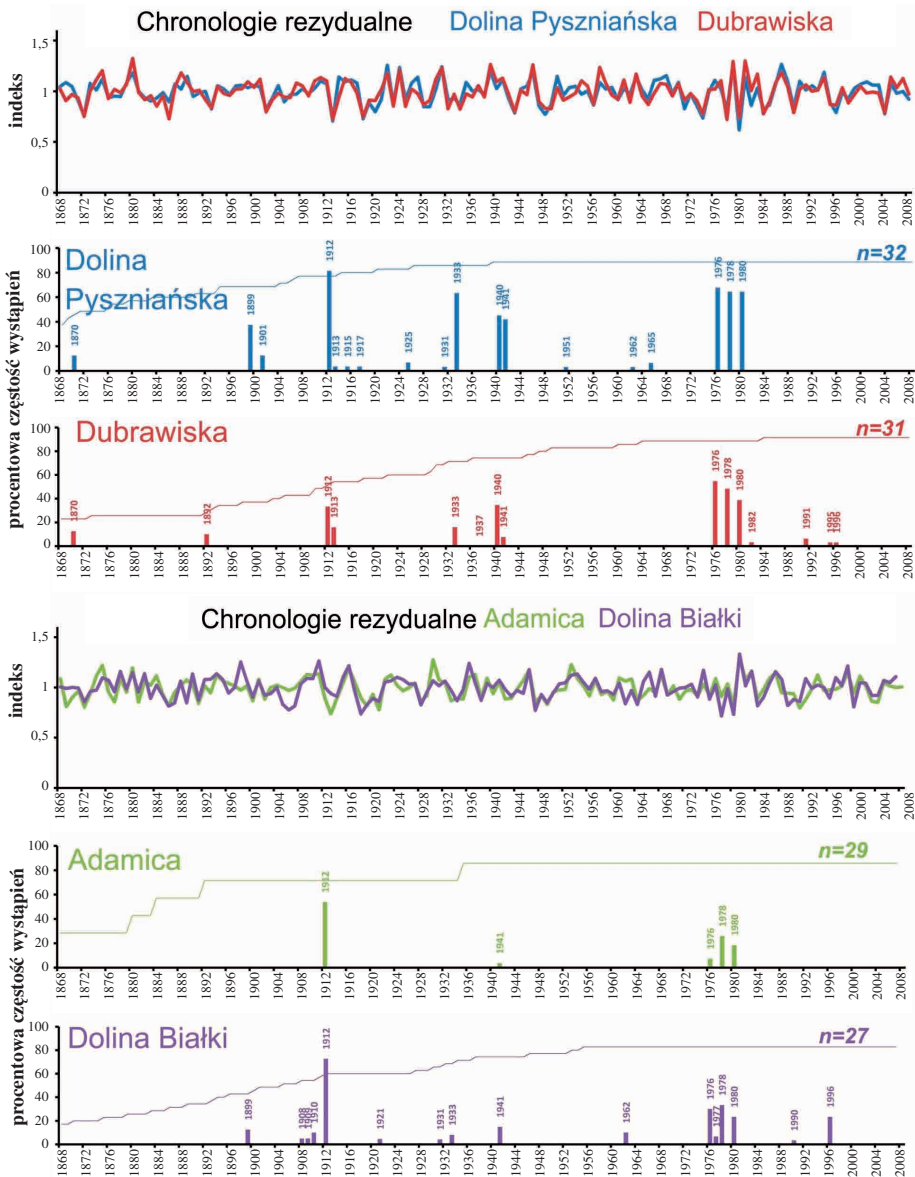
Rozpoznanie występowania anomalii opierało się na wizualnej inspekcji przyrostów pod mikroskopem stereoskopowym w świetle odbitym. Odpowiednio staranna preparacja prób pozwalała na dostrzeżenie wszelkich zmian w strukturze drewna i wychycenie anomalii. W czasie analiz odrzucono próby ze zmianami pochodzącymi z rozkładu drewna lub powszechnym występowaniem drewna kompresyjnego. Próchniejące drewno uniemożliwia dostrzeżenie zarówno kanałów żywicznych jak i białych przyrostów. Powstawanie drewna reakcyjnego wyklucza obecność białych przyrostów. Z zebranych blisko 200 prób, 150 wykazywało zgodność przebiegu przyrostów gwarantującą odpowiednie datowanie konkretnego słoju, a 119 spełniało wymogi badania struktury drewna wtórnego. W tym celu pomiary szerokości przyrostów zostały przetestowane wizualnie i statystycznie (program COFECHA, Grissino-Mayer 2001).

Analizom poddano drewno 120 drzew, odłożone przez komórki kambium w latach 1787-2009 oraz ustalono wspólny przedział czasowy, który obejmował lata 1868-2008. Występowanie anomalii zestawiono z przebiegiem stanowiskowych chronologii rezydualnych, przygotowanych na podstawie dokładnie tych samych prób. Chronologie przygotowano używając programu ARSTAN (Cook, Holmes 1986).

Wyniki

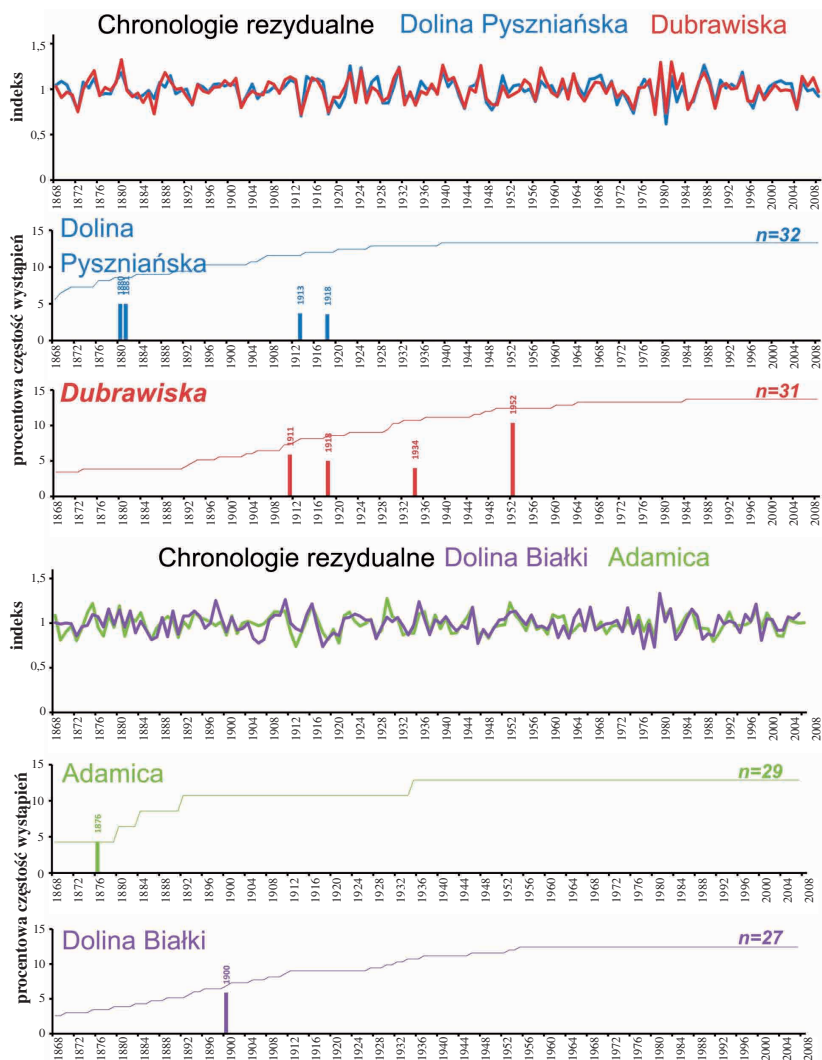
W badanym okresie stwierdzono powszechność występowania w drewnie kanałów żywicznych (ponad 14 000 wystąpień dla wszystkich analizowanych prób), najczęściej związanych z uszkodzeniami mechanicznymi oraz stosunkowo niewielką liczbę pozostałych anomalii (334 blade przyrosty i 25 przyrostów mrozowych). Blade przyrosty występują najpowszechniej w przyrostach drzew ze stanowiska w Dolinie Pysznińskiej (Ryc. 2).

Synchroniczność występowania białych przyrostów pomiędzy stanowiskami oraz piętrami klimatyczno-roślinnymi wykazano w latach 1912 i 1933, na początku lat 40-tych (1940, 1941) oraz pod koniec lat 70-tych XX wieku (1976, 1978, 1980 rok). Zauważono zmniejszenie intensywności występowania białych przyrostów w drewnie świerków z regla dolnego (wyjątkiem jest rok 1912). Przyrosty mrozowe stanowią najrzadziej zaobserwowane anomalie (Ryc. 3). Występują one jedynie dla siedmiu lat w przyrostach drzew z ekotonu górnej granicy lasu i jedynie dla dwóch lat dla stanowisk niżej położonych. Biorąc pod uwagę cały przedział czasowy dla którego wykonano badania zauważono, iż przyrosty mrozowe w reglu dolnym pojawiają się wyłącznie w drzewach starych (ponad 150 lat). Najwięcej ich stwierdzono w drewnie świerków z Doliny Białki w 1866 roku (4 przypadki na 11 prób) oraz w Adamicy w 1836 roku (2 przypadki na 11 prób). Brak drzew z górnej granicy lasy sięgających tego okresu uniemożliwia wiarygodne porównanie takiego założenia.



Ryc. 2. Występowanie białych przyrostów na tle chronologii rezydualnej dla czterech badanych stanowisk

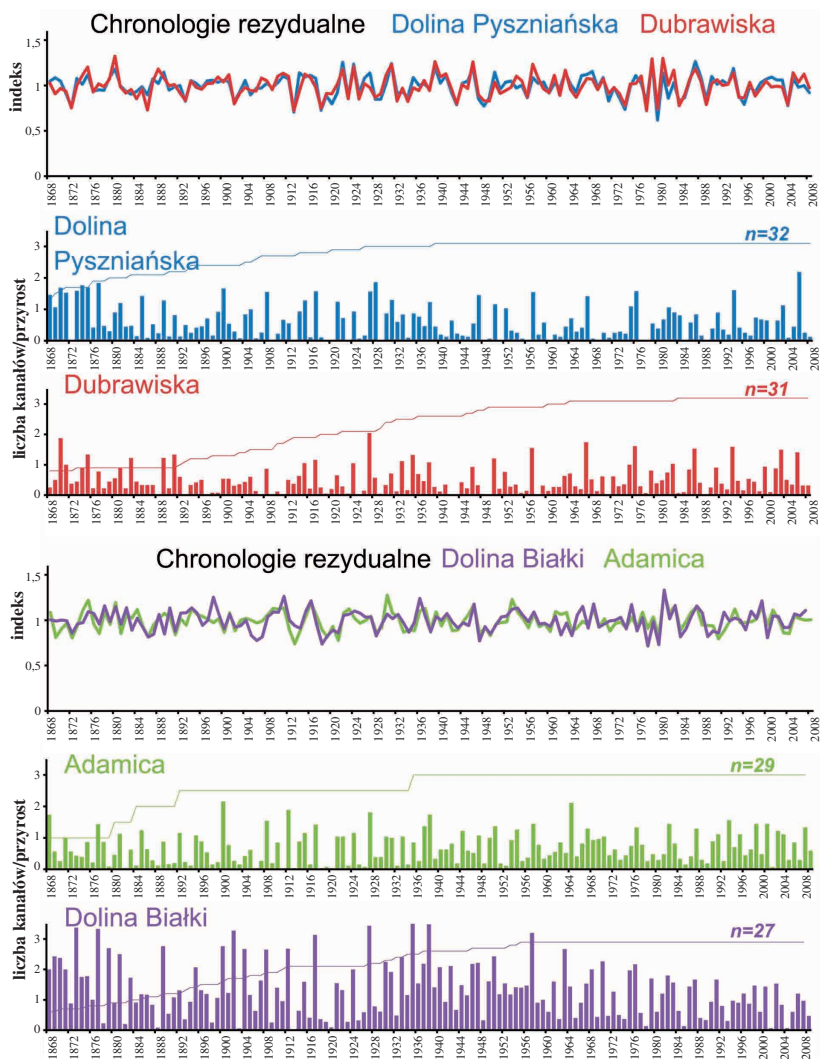
Fig. 2. Pale ring distribution and residual chronologies form 4 investigated sites



Ryc. 3. Występowanie przyrostów mrozowych na tle chronologii rezydualnej dla czterech badanych stanowisk

Fig. 3. Frost ring distribution and residual chronologies form 4 investigated sites

Przewody żywiczne występują powszechnie w drewnie świerków z każdego stanowiska (Ryc. 4). Wykazują one jednak podobną intensywność występowania w określonych latach oraz pomiędzy stanowiskami. Zdecydowanie najwięcej kanałów żywicznych (określanych jako liczba wystąpień na przyrost) zarejestrowano w drewnie świerków rosnących w Dolinie Białki. Prezentowane zestawienie wystąpień anomalii drewna wtórnego z chronologiami z poszczególnych stanowisk pozwala stwierdzić, że żadna z nich nie wykazuje zbieżności występowania z przyrostami o małej szerokości.



Ryc. 4. Występowanie przewodów żywicznych na tle chronologii rezydualnej dla czterech badanych stanowisk

Fig. 4. Resin ducts distribution and residual chronologies form 4 investigated sites

Podsumowanie

Badane anomalie, z wyjątkiem przewodów żywicznych, występują częściej w drewnie świerków ze stanowisk zlokalizowanych w ekotonie górnej granicy lasu. W badanym okresie stwierdzono synchroniczność występowania białych przyrostów oraz kanałów żywicznych w obrębie pięter klimatyczno-roślinnych. Mała liczba przyrostów mrozowych uniemożliwia ich wiarygodną analizę i ustalenie zasad ich powstawania. Zgromadzony materiał badawczy

wymaga dalszych analiz. Kolejnym etapem będą oddzielne potraktowanie traumatycznych przewodów żywicznych, zastąpienie liczby gęstości występowania przewodów żywicznych gęstością (ilość wystąpień na mm²) oraz określenie wpływu czynników klimatycznych na występowanie analizowanych trzech typów anomalii za pomocą odpowiednich narzędzi statystycznych.

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 Tomasza Biczyka.

Literatura

- Bednarz Z. 1982. *Tatra Mountains*. W: Hughes M. K., Kelly P. M., Pilcher J. R., La Marche Jr. V.C. (eds.). *Climate from tree rings*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 137-141.
- Bednarz Z. 1983. *Dendroclimatological investigations in the Tatra Mountains*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne 57: 127-131.
- Büntgen U., Frank C. D., Kaczka J. R., Versteg 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.
- Cedro A. 2004. *Wpływ warunków klimatycznych na kształtowanie się przyrostów radialnych cisa pospolitego (Taxus baccata L.) w Rezerwacie Cisy Staropolskie w Wierchlesie*. Szczecin.
- Cook E. R., Holmes R. L. 1986. *User's manual for computer program ARSTAN*. In: *Tree ring chronologies of western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin*. Holmes R. L., Adams R. K., Fritts H. C. (eds.). *Chronology Ser. 6*. University of Arizona, Tucson. 50-56.
- Czajka B. 2010. *Środowiskowe uwarunkowania zmian górnej granicy lasu w Tatrach Zachodnich*, praca magisterska, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec.
- Girardin M., Tardif J., Epp B., Conciatori F. 2009. *Frequency of cool summers in interior North America over the past three centuries*. *Geophysical Research Letters* 36: 1-5.
- Grissino-Mayer H. D. 2001. *Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA*. *Tree-Ring Res.* 57: 205-221.
- Grandpré L., Tardif J., Hessl A., Pederson N., Conciatori F., Green T., Oyunsanaa B., Baatarbileg N. 2011. *Seasonal shift in the climate responses of Pinus sibirica, Pinussylvestris, and Larix sibirica trees from semi-arid, north-central Mongolia*. *Can. J. For. Res* 41: 1242-1255.
- Krapiec M. 1999. *Occurrence of moon rings in oak from Poland during the Holocene*. W: Wimmer R. (eds.) *Tree-Ring Analysis. Biological, Methodological and Environmental Aspects* 193-204.
- Tardif J., Girardin M., Conciatori F. 2011. *Light rings as bioindicators of climate change in Interior North America*. *Global and Planetary Change* 79: 134-144.
- 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.
- Schweingruber F. H. 1990. *Anatomy of European woods*. Bern, Haupt.

Ryszard J. Kaczka*, Tomasz Biczyk, Barbara Czajka

*ryszard.kaczka@us.edu.pl

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