

Czy dało się przewidzieć? – osuwisko na Średniaku w świetle informacji z przyrostów rocznych

Joanna Remisz, Szymon Bijak, Krzysztof Parzóch, Matylda Witek

Abstrakt. 21 lipca 2011 r. z południowych stoków Średniaka w masywie Śnieżnika (Sudety Wschodnie) zeszło osuwisko, które objęło blisko 7,5 tys. m² lasu. Celem pracy było zbadanie, czy drzewa rosnące na osuwisku i w jego bezpośrednim sąsiedztwie nie odnotowały sygnałów, które mogłyby wskazywać na niestabilność stoku, co pozwoliłoby przewidzieć wystąpienie tego ruchu masowego. W listopadzie 2011 r. zebrano wyrzynki z pni znajdujących się na jęzorze osuwiska (13 szt.) oraz wywierty dordzeniowe pobrane ze świerków, które pozostały na stoku (11 drzew, po 2 wywierty z każdego). Epizody niestabilności gruntu zidentyfikowano na podstawie obecności drewna reakcyjnego oraz dekoncentryczności przyrostu. Mimo że świerki porastające obszar wokół osuwiska oraz kłody znalezione na jęzorze osuwiska noszą wyraźne ślady dawnej aktywności gruntu (wykrzywione pnie, dekoncentryczny przyrost, obecność drewna reakcyjnego), w ich przyrostach nie znaleziono zapisu pozwalającego na bezpośrednie prognozowanie zajścia tego konkretnego osuwiska. Monitoring dendrochronologiczny, jakkolwiek przydatny w rekonstrukcji dawnych form aktywności geomorfologicznej, nie jest wystarczający i może być tylko dodatkiem do szerszych badań, które wskazują na potencjalne miejsca/obszary przyszłych osuwisk.

Słowa kluczowe: ruchy masowe, Sudety, dendrogeomorfologia, świerk

Abstract. Could we expect it? – the Średniak landslide and tree-rings.

On July 21st, 2011 from the southern slopes of Mt. Średniak in Mt. Śnieżnik massif (SW Poland) a large landslide that covered nearly 7,500 m² of forest occurred. The study investigates whether trees growing on the landslide tongue and its immediate vicinity had recorded any signals that could indicate slope instability and could help to predict the occurrence of such a mass movement. In November 2011, we collected 13 cross-sections from logs heaped in the middle of the fan and 22 increment cores (2 per tree) from spruces that remained on the slope. Episodes of the ground instability were identified by the presence of the reaction wood and eccentric growth. Although spruces growing around the landslide and logs found on the landslide tongue bear clear evidences of former ground activity (tilted trunks, eccentric growth, reaction wood), no record allowing for direct prediction of the occurrence of this particular landslide can be found. Dendrochronological monitoring, although useful in the reconstruction of the past forms and evidences of geomorphological activity, is not sufficient and can only be supportive to broader studies that indicate potential sites/areas for future landslides.

Key words: mass movements, Sudety Mts., dendrogeomorphology, *Picea abies*

Wstęp

Sudety uważane są za obszar o niewielkim prawdopodobieństwie występowania ruchów masowych, co związane jest przede wszystkim z rodzajem skał podłoża oraz małą miąższością pokryw zwietrzelinowych, która zalega na raczej łagodnych stokach (Migoń 2008; Migoń i in. 2010). Czynniki te powodują, że w Sudetach, w odróżnieniu do Karpat, nie rejestruje się zbyt wielu osuwisk (Pulinowa 1972). Jednak współcześnie prowadzone badania z zastosowaniem analiz geomorfologicznych w programach GIS wykazały, iż na niektórych obszarach w Sudetach, np. w Górach Kamiennych, istnieją warunki do rozwoju osuwisk (Kasprzak i Traczyk 2012; Migoń i in. 2014). W źródłach historycznych znaleźć można także informacje o wydarzeniach katastrofalnych takich jak np. ogromne osuwisko, które 24 sierpnia 1598 roku zeszło ze stoków Kalwarii w Bardzie (Staffa 1993; Migoń i in. 2002). 21 lipca 2011 r., po długotrwałych i obfitych opadach, z południowych stoków Średniaka w masywie Śnieżnika zeszło osuwisko, które objęło blisko 7,5 tys. m² lasu (Parzóch i in. 2012; Urban i Foremnik 2013).

Rosnąc na niestabilnym podłożu drzewa zapisują w swoich przyrostach występowanie, rozmiar i siłę zjawisk, szczególnie jednak tych procesów geomorfologicznych, które modelują stoki. Przemieszczający się w dół materiał stokowy powoduje zmiany w morfologii rosnących na stoku drzew oraz w wewnętrznej strukturze drewna (Schweingruber 1996). Najbardziej widoczną reakcją drzew na aktywność podłoża jest odkształcanie (wykrzywianie) pni, które dążą do wyrównania osi wzrostu (Shroder 1978; Schweingruber 1996; Stoffel i Bollschweiler 2008, 2009). Drzewa te wykształcają tak zwany przyrost dekoncentryczny – z jednej strony pnia przyrosty są bardzo szerokie, a z przeciwległej bardzo wąskie (Krapiec i Margielewski 2000; Remisz i Bijak 2011, 2012). Dodatkowo formowane jest drewno reakcyjne (Heinrich i Gärtner 2008; Tulik i Jura-Morawiec 2011). Powyższe odpowiedzi roślin na aktywność podłoża, na którym rosną, stanowią podstawę wykorzystania metod dendrochronologicznych w analizach ruchów masowych występujących na stokach (Braam i in. 1987; Strunk 1997; Stoffel i Bollschweiler 2008; Remisz i Bijak 2011, 2012).

Unikalny charakter osuwiska na Średniaku, które wystąpiło na gęsto zalesionym stoku, stanowił główną przyczynę podjęcia analiz dendrogeomorfologicznych. Celem badań był odczyt w drzewach rosnących na osuwisku i w jego bezpośrednim sąsiedztwie, zmian w przyrostach rocznych, które mogłyby wskazywać na wcześniejszą niestabilność stoku, co z kolei ułatwiłoby przewidzieć wystąpienie osuwiska.

Material i metody

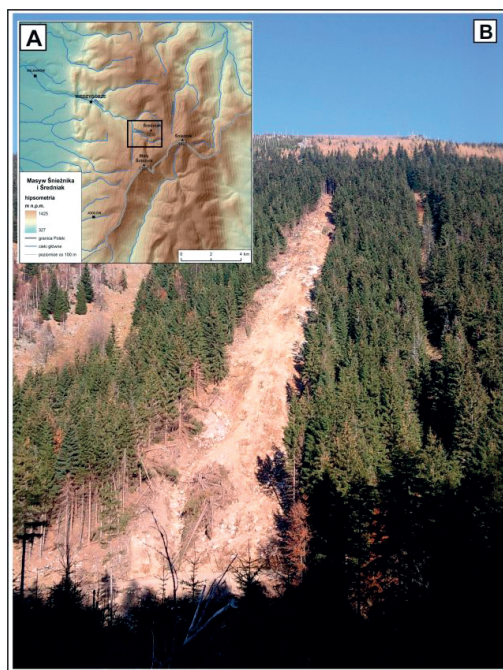
Teren i obiekt badań

Średniak (1210 m n.p.m) położony jest w masywie Śnieżnika (1425 m n.p.m) w Sudetach Wschodnich (ryc. 1). Stanowi krótkie boczne ramię biegnące w kierunku północnozachodnim od głównego masywu. Grzbiet ten otaczają głęboko wcięte (ok. 400 m) doliny potoków Wilczka (od północy) i Czarna (od południa). Grzbiet Średniaka zbudowany jest od zachodu z gnejsów grubooczkowych oraz drobnooczkowych (seria gierałtowsko-śnieżnicka) i łupków łuszczkowych z wkładkami kwarcytów i łupków kwarcytowych (seria strońska) na wschodzie. Podnóża stoków i zbocza dolin pokryte są glinami deluwialnymi. Szczytowe partie Średniaka są niemal symetrycznie przecięte przez uskoki o przebiegu NS (Frąckiewicz i Teisseyre 1977).

Badane osuwisko zwietrzelinowe zeszło z południowych stoków Średniaka 21 lipca 2011 r. po długotrwałych i obfitych opadach deszczu (Parzóch i in. 2012; Urban i Foremnik 2013). Skarpa główna osuwiska jest słabo wykształcona i leży na wysokości 1075 m n.p.m. Czoło jęzora osuwiskowego sięga wysokości 915 m n.p.m. i przecina potok Czarna (ryc. 1). Osuwisko o 280 m długości i 10–40 m szerokości zajmuje obszar 7358 m² (Parzóch i in. 2012).

Material badawczy i jego analizy

Material badawczy pochodził z porastających stoki Średniaka świerków pospolitych (*Picea abies* L. Karst.) i został zebrany w listopadzie 2011 r., trzy miesiące po zejściu osuwiska. Łącznie zebrano 13 wyrzynków z pni świerków, które zostały porwane przez osuwisko i zdeponowane w pryzmie w jego dolnej części (ryc. 1), oraz 22 wywierty dordzeniowe pochodzące z 11 drzew rosnących nadal na stoku wokół osuwiska, w jego brzegowej części. Wywierty pobierano z dwóch stron pnia, zgodnie ze spadkiem terenu. Zebrane próbki przygotowano według standardowych procedur stosowanych w badaniach dendrochronologicznych (np. Bräker 2002). Szerokości słoików rocznych zostały zmierzone i zsynchronizowane w programach Coorecorder i CDendro (www.cybis.se). Na zebranych z przemieszczonych w dół stoku drzew wyrzynkach nie było możliwe określenie strony dostkowej i odstokowej, w związku z tym mierzono dwa przeciwległe promienie na średnicy wybranej, tak by uchwycić możliwie największe zróżnicowanie przyrostów.



Ryc. 1. Położenie terenu badań (A) oraz widok na osuwisko, które zeszło na Średniaku 21 lipca 2011 r. (B)
Fig. 1. Location of the study site (A) with the overview of the landslide from 21 July 2011 (B)

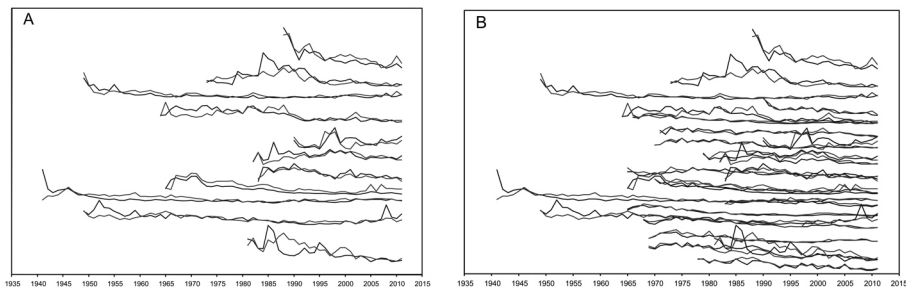
Epizody niestabilności podłoża oraz potencjalnego wystąpienia ruchów masowych w obrębie analizowanego stoku wyznaczano na podstawie obecności dekoncentrycznego przyrostu oraz wystąpienia drewna reakcyjnego. Dla każdego drzewa stojącego porównano sekwencje przyrostowe ze strony odstokowej i doskokowej, a w przypadku wyrzynków – sekwencje pochodzące z promieni po przeciwnych stronach rdzenia (Krapiec i Margielewski 2000). Wyraźne rozejście się krzywych przyrostowych traktowano jako zapis dekoncentrycznego przyrostu i zliczano. Zmiany reakcji badanych drzew na przejawy ruchów masowych oceniono, wyliczając dla poszczególnych lat wskaźnik odpowiedzi (Shroder 1978):

$$I_t = \frac{\sum R_t}{\sum A_t} \cdot 100\%,$$

gdzie: R_t – liczba drzew, które w roku t wykazały dekoncentryczny przyrost, A_t – liczba drzew, które w roku t odłożyły słój przyrostu rocznego (minimum 3).

Wyniki

Dekoncentryczny przyrost, czyli odpowiedź świerków porastających stoki Średniaka na ruchy masowe, stwierdzono zarówno w wywiertach wziętych z drzew rosnących wokół jezora osuwiska, jak i w próbkach pobranych z pni leżących w dolnej części osuwiska (ryc. 2). Sugeruje to, że badane stanowisko już wcześniej stanowiło obszar aktywnego, ale powolnego przemieszczania się zwietrzliny w dół stoku. Blisko 80% badanych drzew pni zarejestrowało przynajmniej jeden okres dekoncentrycznego przyrostu. Łącznie stwierdzono 29 takich przypadków.



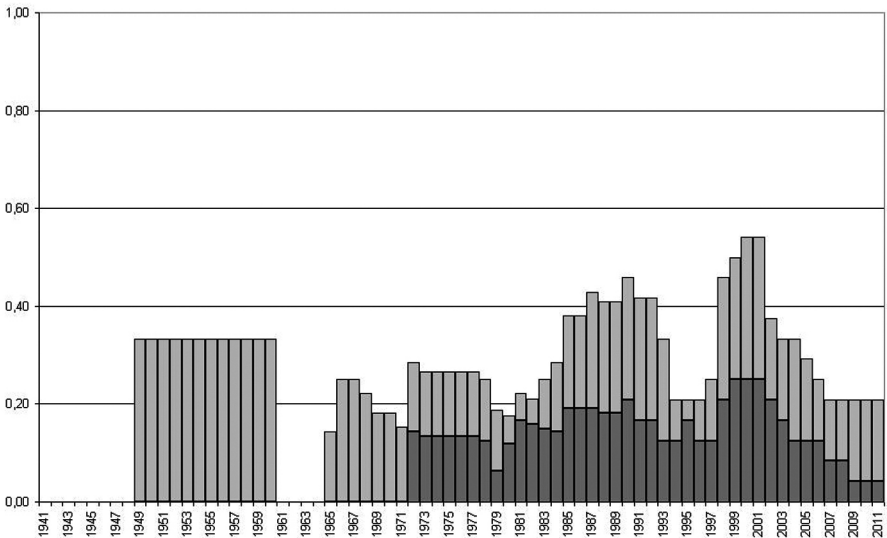
Ryc. 2. Sekwencje przyrostowe (z obu stron pnia) świerków przemieszczonych przez osuwisko (A) i nadal rosnących wokół jezora osuwiska (B)

Fig. 2. Tree-ring width chronologies (both sides of the stem) for Norway spruces translocated by the landslide (A) and still growing around the landslide tongue (B)

Intensywność rejestracji potencjalnych ruchów masowych przez badane drzewa była zróżnicowana w różnych okresach (ryc. 3). Największą aktywność badanego obszaru ($I_t > 50\%$) wystąpiła przez kilka lat po intensywnych opadach z lipca 1997 r. Jednakże w okresie bezpośrednio poprzedzającym zejście osuwiska z 21 lipca 2011 r. analizowane drzewa zapisały w swoich przyrostach raczej ograniczoną aktywność podłoża, gdyż mniej osobników wykształciło dekoncentryczny przyrost.

Dyskusja

Zastosowanie analiz słoju przyrostów rocznych do określenia czasowych i przestrzennych aspektów ruchów masowych potwierdza użyteczność dendrochronologii w badaniach aktywności osuwisk (Fantucci i Sorriso-Valvo 1999; Stefanini 2004; Stoffel i Bollschweiler 2008, 2009; Migoń i in. 2010; Remisz i Bijak 2011, 2012). Ich głównym celem jest ustalenie, kiedy poszczególne zdarzenia zachodziły i jak duży obszar objęły. O powolnym przemieszczaniu się materiału stokowego można sądzić na podstawie morfologii pni (przede wszystkim wyginanie – Braam i in. 1987; Lundström i in. 2007), jak również różnicy w szerokości słojuw podostkowej i dostkowej części pnia (Fantucci i Sorriso-Valvo 1999; Krąpiec i Margielewski 2000) oraz anatomicznych cechach drewna (drewno rekacyjne – Heinrich i Gärtner 2008; Tullik i Jura-Morawiec 2011). W niniejszych badaniach założyliśmy, że drzewa porastające stoki Średniaka powinny zapisać w szerokościach swoich słojuw rocznych informację o ruchach przygotowawczych. Wystąpienie dekoncentrycznego przyrostu u badanych świerków miało świadczyć o destabilizacji stoku i uruchomieniu pokrywy zwietrzelinowej.



Ryc. 3. Wskaźnik odpowiedzi dla drzew porastających stoki Średniaka (ciemna część słupka reprezentuje próbki wzięte z drzew przemieszczonych przez osuwisko)

Fig. 3. Response index for trees growing at Mt. Średniak (dark part of the bar indicates samples from spruces translocated by the landslide)

Obecna dynamika procesów morfogenetycznych na stokach Średniaka jest generalnie niewielka (Migoń 1996). Nawet tak ekstremalnie intensywne opady, których skutkiem były powodzie, jakie miały miejsce w Polsce południowo-zachodniej w 1997 r., spowodowały ograniczone przekształcenia w obrębie badanych stoków, które objęły głównie doliny potoków i antropogeniczne formy terenu takie jak drogi leśne. Gwałtowne dostarczenie większej niż przeciętnie ilości wody zainicjowało niewielkie i płytkie osunięcia gruntu w podcięciach lub skarpach

wzdłuż dróg oraz na stokach i brzegach potoków i rzek górskich. Te ruchy masowe objęły przede wszystkim materiał aluwialny, podczas gdy materiał skalny budujący stoki pozostał nienaruszony (Czerwiński i Żurawek 1999). Nasze wyniki pokazują, że świerki rosnące na Średniaku zapisały kilka epizodów przemieszczania (osuwania bądź spelzania) gruntu. Brak jednak dowodów tak w formach terenu, jak i w archiwach Nadleśnictwa Międzyzlesie, by były one tak znaczące jak osuwisko z 21 lipca 2011 r.

Według Parzocha i in. (2012) osuwisko na Średniaku mogło zejść w wyniku łącznego oddziaływania zarówno czynników naturalnych, jak i antropogenicznych. Stoki, z których zeszło osuwisko, charakteryzują się znacznym nachyleniem (do 35°) i pokrywą zwietrzelinową o niewielkiej miąższości, która pod wpływem dostawy wody opadowej, podlega saturacji i upłynieniu w wyniku spadku kohezji. Jak podaje Pulinowa (1972), takie warunki w znacznej mierze zwiększają prawdopodobieństwo zejścia osuwiska.

Co prawda zalesione stoki uważane są za geoeosystemy stabilne pod względem morfodynamicznym, ale wydaje się, że w przypadku badanego osuwiska znaczenie może mieć fakt, że stoki Średniaka porośnięte są jednowiekową monokulturą świerkową. Świerki mają płytki system korzeniowy, który na dodatek może być słabo umocowany w cienkiej, wierzchniej warstwie pokrywy zwietrzelinowej. W związku z tym drzewostany składające się wyłącznie z tego gatunku nie odgrywają w pełni roli stabilizatora stoku. Jednakże, jak zauważają Margielewski i in. (2008), w przypadku wielkoskalowych ruchów masowych (np. osuwisk) typ roślinności porastającej stoki nie ma aż takiego znaczenia, jeżeli chodzi o ochronne oddziaływanie.

Na zmniejszenie stabilności stoków i wynikające z niej zwiększenie częstotliwości osuwisk wpływ ma także intensywne użytkowanie lasu, tak w zakresie pozyskania, jak i zrywki drewna (Guthrie 2002; Glade 2003; Imaizumi i in. 2008). Badany stok został w przeszłości podcięty przez drogę leśną a stabilność podłoża mogła być naruszona przez zrywkę i zwózkę drewna. Taka intensyfikacja użytkowania lasu (zwiększone pozyskanie, rozbudowana infrastruktura leśna, brak zabezpieczeń przeciwko osuwaniu się ziemi), w przypadku intensywnych opadów, mógł przełożyć się na większą podatność stoków Średniaka na wystąpienie ruchów masowych (Urban i Foremnik 2013).

Podsumowanie

Mimo że świerki porastające obszar wokół osuwiska oraz kłody znalezione na jezorze osuwiska noszą wyraźne ślady dawnej aktywności gruntu (wykrzywione pnie, dekoncentryczny przyrost, obecność drewna reakcyjnego), w ich przyrostach nie znaleziono zapisu pozwalającego na bezpośrednie prognozowanie zajścia badanego przez nas osuwiska. Wydaje się więc, że zdarzenie z 21 lipca 2011 r. miało charakter incydentalny, jednakże jego zajście sugeruje, że nie można wykluczyć wystąpienia kolejnych, podobnych sytuacji w masywie Śnieżnika. Monitoring dendrochronologiczny, jakkolwiek przydatny w rekonstrukcji dawnych form aktywności geomorfologicznej, nie jest wystarczający i może być tylko dodatkiem do szerszych badań, które wskazują na potencjalne miejsca/obszary występowania przyszłych osuwisk.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania pracownikom Nadleśnictwa Międzyzlesie za ich pomoc w realizacji badań.

Literatura

- Braam R.R., Weiss E.E.J., Burrough P.A. 1987. Spatial and temporal analysis of mass movement using dendrochronology. *Catena*, 14: 573–584.
- Bräker O.U. 2002. Measuring and data processing in tree-ring research – a methodological introduction. *Dendrochronologia*, 20: 203–216.
- Czerwiński J., Żurawek R. 1999. The geomorphological effects of heavy rainfalls and flooding in the Polish Sudetes in July 1997. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 33: 27–43.
- Fantucci R., Sorriso-Valvo M., 1999. Dendrogeomorphological analysis of a slope near Lago, Calabria (Italy). *Geomorphology*, 30: 165–174.
- Frączkiewicz W., Teisseyre H. 1977. Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25 000, ark. Międzygórze. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Glade T. 2003. Landslide occurrence as a response to land use change: a review of evidence from New Zealand. *Catena*, 51: 297–314.
- Guthrie R.H. 2002. The effects of logging on frequency and distribution of landslides in three watersheds on Vancouver Island, British Columbia. *Geomorphology*, 43: 273–292.
- Heinrich I., Gärtner H. 2008. Variations in tension wood of two broadleaved tree species in response to different mechanical treatments: Implications for dendrochronology and mass movement studies. *International Journal of Plant Sciences*, 169: 928–936.
- Imaizumi F., Sidle R.C., Kamei R. 2008. Effects of forest harvesting on the occurrence of landslides and debris flows in steep terrain of central Japan. *Earth Surf. Process. Landforms*, 33: 827–840.
- Kasprzak M., Traczyk A. 2012. Uwarunkowania rozwoju osuwisk w środkowej części Gór Kamiennych (Sudety). *Landform Analysis*, 20: 65–77.
- Krąpiec M., Margielewski W. 2000. Analiza dendrogeomorfologiczna ruchów masowych na obszarze polskich Karpat fliszowych. *Kwartalnik AGH Kraków-Geologia*, 26 (2): 141–171.
- Lundström T., Stoffel M., Stöckli V. 2007. Fresh-stem bending of fir and spruce. *Tree Physiology*, 28: 355–366.
- Margielewski W., Świąchowicz J., Starkel L., Łajczak A., Pietrzak M. 2008. Współczesna ewolucja rzeźby Karpat fliszowych. W: Starkel L., Kostrzewski A., Kotarba A., Krzemień K. (red.). *Współczesne przemiany rzeźby Polski*. SGP, IGiGP UJ, IGiPZ PAN, Kraków: 57–133.
- Migoń P. 1996. Zarys rozwoju geomorfologicznego Masywu Śnieżnika W: Jahn A., Kozłowski S., Pulina M. (red.). *Masyw Śnieżnika. Zmiany w środowisku przyrodniczym*. PAE, Wrocław: 35–45.
- Migoń P. 2008. Współczesna ewolucja rzeźby Sudetów i ich Przedgórze. W: Starkel L., Kostrzewski A., Kotarba A., Krzemień K. (red.). *Współczesne przemiany rzeźby Polski*. SGP, IGiGP UJ, IGiPZ PAN, Kraków: 135–163.
- Migoń P., Hradek M., Parzóch K. 2002. Extreme geomorphic events in the Sudetes Mountains and their long-term impact. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 36: 29–49.
- Migoń P., Janczewicz K., Kasprzak M. 2014. Zasięg obszarów objętych osuwiskami w Górach Kamiennych (Sudety Środkowe) – porównanie map geologicznych i cyfrowego modelu wysokości z danych LiDAR. *Przegląd Geologiczny*, 62 (9): 463–471.

- Migoń P., Panek T., Malik I., Hradecky J., Owczarek P., Silhan K. 2010. Complex landslide terrain in the Kamienne Mountains, Middle Sudetes, SW Poland. *Geomorphology*, 124: 200–214.
- Parzóch K., Pawlik Ł., Solarska A., Witek M. 2012. Osuwisko na stokach Średniaka w Masywie Śnieżnika Kłodzkiego w 2011 roku. *Przyroda Sudetów*, 15: 197–208.
- Pulinowa M.Z. 1972. Procesy osuwiskowe w środowisku sztucznym i naturalnym. *Dokumentacja Geograficzna* 4.
- Remisz J., Bijak Sz. 2011. Stoki usypiskowe Ostrzycy i ich aktywność w świetle badań dendrogeomorfologicznych. *Przyroda Sudetów*, 14: 197–206.
- Remisz J., Bijak Sz. 2012. Dendrochronologiczny zapis aktywności stoków usypiskowych Suchawy i Kruczej Skaly (Sudety Środkowe). *Przyroda Sudetów*, 15: 209–218.
- Schweingruber F.H. 1996. *Tree rings and environment. Dendroecology*. Swiss Federal Institute for Forests, Snow and Landscape Research Birmensdorf and Paul Haupt-Verlag, Bern, Stuttgart, Vienna.
- Shroder J.F. Jr. 1978. Dendrogeomorphological analysis of mass movement on Table Cliffs Plateau, Utah. *Quaternary Research*, 9: 168–185.
- Staffa M. 1993. *Słownik geografii turystycznej Sudetów*. 16: Masyw Śnieżnika i Góry Białskie. Wyd. PTTK "Kraj", Warszawa.
- Stefanini M.C. 2004. Spatio-temporal analysis of a complex landslide in the Northern Apennines (Italy) by means of dendrochronology. *Geomorphology*, 63: 191–202.
- Stoffel M., Bollschweiler M. 2008. Tree-ring analysis in natural hazards research – an overview. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8: 187–202.
- Stoffel M., Bollschweiler M. 2009. What tree rings can tell about earth-surface processes. Teaching the principles of dendrogeomorphology. *Geography Compass*, 3: 1013–1037.
- Strunk H. 1997. Dating of geomorphological processes using dendrogeomorphological methods. *Catena*, 31: 137–151.
- Tulik M., Jura-Morawiec J. 2011. Drewno reakcyjne a architektura korony drzewa. *Sylvan*, 155 (12): 808–815.
- Urban G., Foremnik I. 2013. Szkody w infrastrukturze leśnej w lasach Masywu Śnieżnika wywołane przez opady rozlewne w lipcu 2011 roku i ich uwarunkowania. *Sylvan*, 157 (2): 95–103.

Joanna Remisz, Szymon Bijak¹, Krzysztof Parzóch², Matylda Witek²

joanna.remisz@yahoo.com

¹ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny,
Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu
szymon.bijak@wl.sggw.pl

² Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego
krzysztof.parzoch@uni.wroc.pl
matylda.witek@uni.wroc.pl