

Redukcje przyrostów rocznych świerka pospolitego na tle zmian zanieczyszczenia powietrza w relacji do liczby zachorowań ludzi – przykład z Zakopanego

Paweł Rutkiewicz, Ireneusz Malik, Małgorzata Wistuba

Abstrakt. W celu analizy wpływu występującej w ostatnich latach emisji zanieczyszczeń powietrza na kondycję drzewostanów pobrano wywierty z drzew rosnących w sąsiedztwie centrum Zakopanego. Opracowano wykresy szkieletowe, lokalną chronologię i wyznaczono okresy redukcji przyrostów rocznych drzew. Poszukiwano także czasowych relacji pomiędzy zanieczyszczeniem powietrza, a negatywną reakcją zdrowotną na zanieczyszczenia zapisaną w drzewostanie i w postaci chorób ludzi. W tym celu porównano czas wystąpienia redukcji przyrostów rocznych ze stężeniem w atmosferze dwutlenku siarki, tlenku azotu i pyłu oraz z zachorowaniami ludzi na choroby płuc. Zidentyfikowano dwa okresy redukcji przyrostu drzew, pierwszy (lata 70. XX wieku), związany z dużymi zanieczyszczeniami przemysłowymi. Drugi jest bardziej wyraźny i rozpoczął się w 2007 roku i trwa do chwili obecnej. Redukcje przyrostów rocznych, zawartość pyłów w atmosferze i zachorowalność na choroby płuc nasilają się od 2007 roku.

Słowa kluczowe: redukcje przyrostów rocznych, zanieczyszczenie powietrza, choroby płuc, Zakopane

Abstract. Spruce tree ring reductions and air pollution changes related to number of human diseases. In order to analyse the impact of contemporary air pollution on the health of wood stands we have taken cores from trees growing in the vicinity of the center of Zakopane town. We developed local chronology, skeleton plots and calculated ring reduction for sampled trees. We also searched for temporal relationships between air pollution and negative health reaction among trees and among people. To fulfil the aim dates of the occurrence of tree-ring reductions were compared with the concentration of sulfur dioxide, nitrogen oxide, and particulates in the atmosphere, and also lung diseases morbidity among people. We have identified two periods of growth suppression in trees, the first (in 1970s) associated with large industrial pollution. The second is more distinct, it began in 2007 and continues to the present. Tree ring reductions, the content of dust in the atmosphere and the incidence of lung cancer increases since 2007. Preliminary studies conducted in Zakopane has shown the need for further research the relationships between contemporary emission of pollutants into the atmosphere, the suppression of tree growth of trees and adverse health effects among people.

Keywords: Tree ring reductions, air pollution, lung disease, Zakopane

Wstęp

Zanieczyszczenia powietrza wywierają najczęściej negatywny wpływ na drzewostany, powodując ich trwałe uszkodzenia. Poszczególne gatunki drzew cechuje różny stopień wrażliwości na działanie zanieczyszczeń powietrza (Gawrońska 2000, Szychowska-Krąpiec i Wiśniowski 1996). Przyrosty roczne wykształcane przez drzewa w okresie dużego zanieczyszczenia atmosfery z reguły są relatywnie węższe (Borecki 1993). W wyniku takiej reakcji drzew otrzymujemy informację o czasie trwania i sile oddziaływania zanieczyszczeń (Szychowska-Krąpiec 2009). Znane są liczne przykłady oceny wpływu zanieczyszczeń powietrza na drzewa iglaste (Baes i McLaughlin 1984, Danek 2007, Krąpiec i Szychowska-Krąpiec 2001, Malik i in. 2010). Wpływ ten był szczególnie widoczny w Europie centralnej w latach 70 i 80. XX wieku, gdy skażenie powietrza było na bardzo wysokim poziomie (Kandler i Innes 1995, Mazurski 2008). Emisja zanieczyszczeń w Polsce i w krajach sąsiednich została w ostatnich dekadach w znacznym stopniu obniżona i nie stanowi już znaczącego zagrożenia dla środowiska przyrodniczego jak niegdyś (Duszyński 2014). Jednak na początku XXI w. wzrost zanieczyszczenia powietrza ponownie się uwidacznia, jest on związany z rozwojem budownictwa wolnostojącego i spalaniem paliw stałych w przydomowych kotłowniach, pozbawionych instalacji oczyszczania gazów. Tego typu niska emisja w dużym stopniu warunkuje występowanie ponadnormatywnych epizodów stężeń zanieczyszczeń powietrza (Juda-Rezler i Manczarski 2010). Niewątpliwie skala emisji zanieczyszczeń jest znacznie mniejsza niż tych z drugiej połowy XX wieku, jednak lokalnie może stanowić wyraźny problem. Skażenie powietrza atmosferycznego wpływa również na wzrost zachorowalności oraz śmiertelności wśród ludzi. Nawet stosunkowo niskie stężenia pyłów bardzo drobnych, negatywnie wpływają na układ oddechowy i układ krążenia (Juda-Rezler i Kowalczyk 2010). Negatywne oddziaływanie na zdrowie ludzi występuje tym częściej, im większa jest koncentracja zanieczyszczeń w powietrzu oraz im dłuższy okres przebywania ludzi na terenach zanieczyszczonych (Malik i in. 2012). Z wcześniejszych badań wynika, że redukcje przyrostów rocznych drzew wynikające z zanieczyszczenia powietrza pojawiają się wcześniej niż zachorowania ludzi (Malik i in. 2012). Być może zatem redukcje przyrostów mogą być indykatorem pojawienia się negatywnych efektów zdrowotnych wśród ludzi.

Celem pracy było wyznaczenie okresów redukcji przyrostów rocznych świerków rosnących w pobliżu centrum Zakopanego. Ponadto poszukiwano potencjalnych związków między czasem występowania tych okresów i zmianami zanieczyszczeń powietrza i zachorowań wśród ludzi.

Material i metody

W ramach badań pilotażowych pobrano 16 wywierciw ze świerków rosnących w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań, na wschód od centrum Zakopanego. Do badań wytypowano świerka pospolitego ponieważ jest to gatunek wrażliwy na zanieczyszczenia powietrza. Zwarta grupa drzew z których pobrano próby znajdowała się w odległości 1 km od centrum Zakopanego (49°17'36,21"N, 19°38'13,21"E). Drzewa rosną na rozległym wypłaszczeniu, pobór prób z takich drzew ogranicza wpływ ruchów masowych na pochylenie drzew i redukuje wpływ zaburzeń ich wzrostu wynikających z wykształcania przyrostów dekoncentrycznych i drewna reakcyjnego. Wszystkie wywierty pobierano od południowej strony pni drzew. Eliminowano z poboru drzewa pochyłone lub zranione. Nie rezygnowano z poboru próby,

gdy drzewo posiadało przerzedzony aparat asymilacyjny zakładając, że to może być efektem oddziaływania zanieczyszczeń. Przyjęte ograniczenia pozwoliły na pobór 16 wywiertów ze świerków rosnących w badanej grupie drzew.

Wywierty pobrano przy użyciu świdra Presslera z wysokości pierśnicy. Z każdego drzewa pobrano jeden odwiert. Próby zostały wklejone w drewniane listewki oraz wyszlifowane przy pomocy papierów ściernych o granulacji kolejno 250, 500, jeśli nadal struktura słoju nie była dobrze widoczna stosowano dodatkowo papier o granulacji 1000. Pierwszym etapem analizy było utworzenie wzorców szkieletowych (skeleton plot) dla poszczególnych prób. Wzorce te pozwoliły na szybkie wyznaczenie lat, wskazujących początki redukcji przyrostu radialnego. Następnie dokonano pomiaru szerokości przyrostów rocznych i utworzono chronologię lokalną.

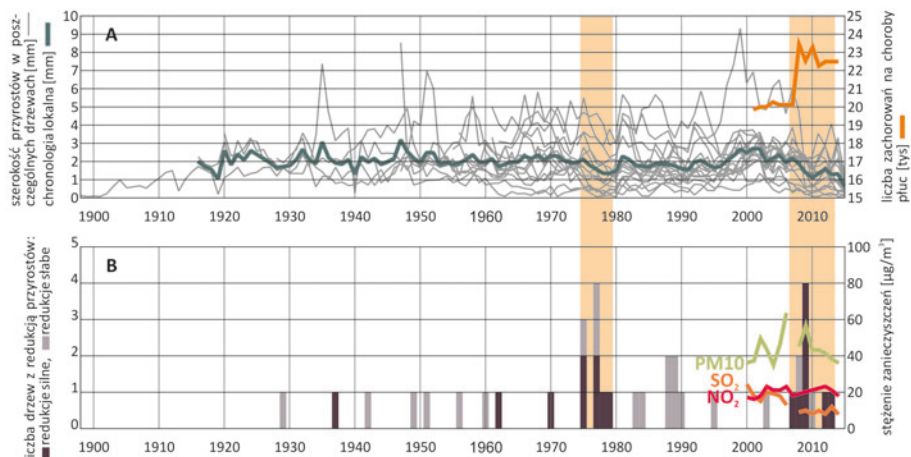
Wyznaczono także redukcje przyrostów, które zostały podzielone na dwie kategorie: redukcje słabe i silne. Za redukcję przyrostu uznano co najmniej 3 następujące po sobie przyrosty węższe w stosunku do serii 3 przyrostów poprzedzających. Za silną redukcję przyrostów uznano serię co najmniej 3 przyrostów, w której średnia szerokość przyrostu jest niższa od 50% średniej szerokości przyrostu z grupy trzech przyrostów poprzedzających analizowany okres. Analogiczną zasadę zastosowano dla redukcji słabych, tj. wyznaczano je, gdy średnia szerokość co najmniej 3 przyrostów z okresu redukcji przekracza 30-50% średniej szerokości trzech przyrostów z grupy poprzedzającej okres redukcji. Utworzone diagramy zestawione zostały z danymi Wojewódzkiego Inspektoriatu Ochrony Środowiska w Krakowie, dotyczącymi zanieczyszczenia powietrza w Zakopanem w latach 2000-2014. Pod uwagę wzięto także roczne wielkości emisji dwutlenku siarki (SO₂), dwutlenku azotu (NO₂) oraz pyłu PM10. Ponadto pozyskano dane (GUS), dotyczące liczby chorób płuc w latach 2000-2014, dla województwa małopolskiego. W badaniach posłużono się danymi dotyczącymi zachorowań na raka płuc z województwa małopolskiego, autorzy zdają sobie sprawę z konieczności włączenia do badań danych epidemiologicznych z Zakopanego, jednak na tym etapie prac dane szczegółowe dane epidemiologiczne dla Zakopanego nie były dostępne. Stąd posłużono się danymi dla całego województwa z których wynika, że w ostatnich latach nastąpił wzrost zachorowań na raka płuc, co może mieć związek z zwiększającym się w ostatnich latach zanieczyszczeniem powietrza wynikającym z niskiej emisji. Zestawienia wszystkich diagramów dokonano w celu odszukania wspólnej zależności pomiędzy redukcją szerokości przyrostów rocznych, wielkością emisji zanieczyszczeń w danym roku oraz liczbą pacjentów z chorobami płuc w kolejnych latach.

Wyniki

W słojach rocznych badanych drzew zapisane są dwa okresy redukcji przyrostu. Pierwszy z nich wystąpił w latach 70. XX wieku, z silną i występującą w wielu drzewach redukcją w 1977 roku. Z kolei drugi okres rozpoczął się od roku 2007 i trwa do chwili obecnej, przy czym szczególnie liczne i silne redukcje pojawiły się w roku 2009 (Ryc. 2).

W obu okresach dominują redukcje silne, które poza tymi okresami występują dość sporadycznie (1939 i 1962). Więcej redukcji silnych zidentyfikowano w drugim okresie tłumienia wzrostu drzew, czyli po 2007 roku. W latach 2000-2014 koncentracja dwutlenku siarki i dwutlenku azotu utrzymywała się na podobnym poziomie, wykazując nawet niewielką tendencję spadkową. Z kolei zawartość w atmosferze pyłu PM10 wzrastała, osiągając szczególnie wysoką

wartość w 2007 roku (Ryc. 2). Widoczny jest nieznaczny wzrost liczby chorych w latach 2001-2007, jednak od 2008 roku odnotowano bardzo duży wzrost zachorowań (Ryc. 2).



Ryc. 1. Chronologia lokalna i krzywe przyrostów rocznych świerków na badanym stanowisku oraz liczba zachorowań na choroby płuc w województwie małopolskim (A), liczba badanych drzew z redukcją przyrostów rocznych w porównaniu do poziomu zanieczyszczenia powietrza w Zakopanem: stężenia pyłu zawieszonego PM10, dwutlenków siarki i azotu (B)

Fig. 1. Spruce tree ring width on the sampling site, and number of cases of lung disease in the małopolskie voivodeship (A), number studied trees with ring reduction related to air pollution level in Zakopane: concentrations of particulate matter, sulfur dioxide, and nitric oxide

Dyskusja

Pierwszy okres redukcji przyrostów rocznych, który zidentyfikowano (lata 70. XX wieku) utożsamiany jest z intensywnym rozwojem przemysłu w Polsce i w Europie Środkowej. Udokumentowano wówczas liczne przykłady głębokich redukcji przyrostów rocznych drzew, a nawet występujące lokalnie masowe zamieranie drzewostanów (Danek 2007, Elling i in. 2009, Malik i in. 2012a). Drugi okres redukcji przyrostów drzew pobranych z okolic Zakopanego może być związany niską emisją, w wyniku której, na terenie Polski do atmosfery emitowanych jest obecnie dużo zanieczyszczeń (Dębski i in. 2015). Po wejściu Polski do Unii Europejskiej w 2004 roku przestały obowiązywać normy w zakresie jakości węgla, co spowodowało masową sprzedaż i spalanie tego paliwa o bardzo niskiej jakości. W wielu miejscach Polski wykazano, że przyrosty roczne drzew iglastych są w ostatnich latach zredukowane (Malik i in. 2012, Sensuła i in. 2015). Zatem wydaje się, że czynnik odpowiedzialny za redukcję w ostatnich latach może występować powszechnie na terenie Polski. Jednocześnie nie ma przekonujących dowodów na to, że redukcje przyrostów rocznych są związane z zanieczyszczeniami pochodzącymi z niskiej emisji. Tym bardziej, że w ostatnim czasie pojawiają się choroby drzewostanów, głównie iglastych, osłabiające a nawet eliminujące część drzew (Starzyk i in. 2005).

Redukcje przyrostów rocznych w drzewach rosnących w pobliżu Zakopanego, które wystąpiły po 2007 roku są liczniejsze i silniejsze w porównaniu do redukcji przyrostów z lat 70. XX wieku. Jest to zaskakujące, ponieważ panuje przekonanie, że redukcje, które wystąpiły w drzewach w latach 1960-1980 były głębokie i dokumentowały okres bardzo silnego zanieczyszczenia atmosfery, znacznie większego w porównaniu do zanieczyszczenia powietrza, które wystąpiło po 2007 roku. W przypadku wyników pochodzących z analizy wywierćw pobranych z drzew z okolic Zakopanego nie można jednak wyciągać daleko idących wniosków, głównie dlatego, że przeprowadzono zaledwie badania pilotażowe. Ponadto nie można wykluczyć, że o redukcjach przyrostów badanych drzew zdecydowała inna przyczyna, nie tylko zanieczyszczenia. Z drugiej strony Zakopane nie było i nie jest miastem przemysłowym, dlatego należy przypuszczać, że wpływ zanieczyszczeń zapisany w postaci redukcji przyrostów rocznych z lat 70. XX wieku nie powinien być silny i głęboki. Tłumaczyłoby to relatywnie silniejsze redukcje wzrostu drzew po 2007 roku.

Analiza porównawcza redukcji przyrostów z wielkością emisji zanieczyszczeń w Zakopanym pozwala przypuszczać, że czynnikiem odpowiedzialnym za pogorszenie kondycji drzewostanu w drugim wyodrębnionym okresie może być pył PM10. Ocenia się, iż pył pochodzący z niskiej emisji jest często bardziej toksyczny niż pył pochodzący ze źródeł przemysłowych (Michalik 2009). Trudno jednoznacznie wiązać wzrost zanieczyszczeń pyłowych z redukcjami przyrostów rocznych drzew rosnących wokół Zakopanego, chociaż wzrost ilości pyłów w atmosferze jest synchroniczny z pojawieniem się redukcji przyrostów (Ryc. 2). Być może to właśnie pyły wpływają negatywnie na szerokość przyrostów rocznych drzew.

Redukcje przyrostów rocznych po 2007 roku, wzrost zanieczyszczeń pyłowych oraz wzrost zachorowań na choroby płuc występują niemalże jednocześnie. Może to oznaczać, że dla analizowanych danych dendrochronologicznych oraz zanieczyszczeniowych i epidemiologicznych istnieje związek przyczynowo-skutkowy. Jednak należy zwrócić uwagę na fakt, że dane o zachorowaniach dotyczą całego województwa małopolskiego, podczas gdy dane dotyczące zanieczyszczenia i przyrostów rocznych pozyskano jedynie dla rejonu Zakopanego. Niestety w tej chwili trwają dopiero prace nad pozyskaniem danych epidemiologicznych ze szpitali położonych w Zakopanym. Ponadto z przeprowadzonych badań pilotażowych wynika, że wzrost ilości zachorowań wśród ludzi nie jest opóźniony w stosunku do reakcji drzew na zanieczyszczenia zdrowotne. We wcześniejszych badaniach prowadzonych na terenie dawnego Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego wykazano, że reakcja ta była opóźniona (Malik i in. 2012a).

Wnioski

- Badane drzewa wykształciły zredukowane przyrosty roczne w dwóch okresach, w latach 70-tych XX w., oraz od 2007 roku do chwili obecnej. Pierwszy okres redukcji jest prawdopodobnie związany z dużą emisją zanieczyszczeń przemysłowych, drugi być może wynika z szkodliwej, niskiej emisji. Redukcje przyrostów rocznych wykształcone przez drzewa po 2007 roku są liczniejsze i silniejsze od redukcji zapisanych w latach 70 XX w, co wskazuje na bardzo silne oddziaływanie czynnika redukującego wzrost drzew w ostatnich latach.
- Redukcje przyrostów rocznych pojawiły się w Zakopanym w ostatnich latach synchronicznie ze wzrostem zawartości pyłów w atmosferze. Oznacza to, że emisja zanieczyszczeń pyłowych do atmosfery może redukować wzrost drzew.

- Zarówno zanieczyszczenie pyłowe atmosfery, redukcje przyrostów rocznych jak i zachorowalność na raka płuc rosną po 2007 roku. Być może obserwowana w ostatnich latach emisja toksyn do atmosfery przyczynia się do redukowania wzrostu drzew i pojawiania się wzrostu liczby zachorowań wśród ludzi. Jednak aby potwierdzić wstępne wyniki badań należy pobrać znacznie więcej wywierców z drzew rosnących w różnych lokalizacjach, należy także pozyskać bardziej dokładne dane epidemiologiczne.

Podziękowania

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2011 jako projekt badawczy Nr N N306 317135.

Literatura

- Baes III C. F., McLaughlin S. B. 1984. Trace elements in tree rings: evidence of recent and historical air pollution. *Science* 224: 494-497.
- Borecki T. 1993. Metodyczne podstawy wielkoobszarowej inwentaryzacji zdrowotnego stanu lasu dla leśnictwa. *Prace Instytutu Badań Leśnictwa. Seria B.* 18: 7-11.
- Danek M. 2007. The influence of industry on scots pine stands in the south-eastern part of the Silesia-Kraków Upland (Poland) on the basis of dendrochronological analysis. *Water, Air and Soil Pollution* 185: 265-277.
- Dębski B., Olecka A., Bebkiewicz K., Kargulewicz I., Rutkowski J., Zasina D., Zimakowska - Laskowska M., Żaczek M. 2015. Krajowy Bilans Emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy. Warszawa.
- Duszyński F. 2014. Zapis zanieczyszczenia powietrza w przyrostach rocznych drzew. The record of air pollution in tree rings. *Przegląd Geograficzny* 86: 317-338.
- Elling, W., Dittmar, Ch, Pfaffelmoser, K., Rotzer, T. 2009. Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management* 25: 1175-1187.
- Gawrońska G. 2000. Wpływ zanieczyszczenia atmosfery na lasy Krainy Karpackiej. *Rocznik Ochrona Środowiska* 2: 195-204.
- Juda-Rezler K., Kowalczyk D. 2013. Size distribution and trace elements contents of coal fly ash from pulverized boilers. *Pol. J. Environ. Stud.* 22: 25-40.
- Juda-Rezler K., Manczarski P. 2010. Zagrożenia związane z zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego i gospodarką odpadami komunalnymi. *Nauka* 4: 97-106.
- Kandler O., Innes J. L. 1995. Air pollution and forest decline in Central Europe. *Environmental pollution* 90: 171-180.
- Krąpiec M., Szychowska-Krąpiec E. 2001. Tree-ring estimation of the effect of in-industrial pollution on pine (*Pinus sylvestris*) and fir (*Abies alba*) in the Ojców National Park (Southern Poland). *Nature Conservation* 58: 33-42.
- Katarzyna K., 2004. Zmiany zanieczyszczenia środowiska na obszarach ekologicznego zagrożenia w Polsce. *Studia Regionalne i Lokalne* 3 (17): 119-141.
- Malik I., Danek M., Krąpiec M. 2010. Air pollution recorded in Scots pine growing near a chemical plant, preliminary results and perspective (Upper Silesia, southern Poland). *TRACE – Tree Rings in Archeology Climatology and Ecology* 8: 41-45.
- Malik I., Danek M., Marchwińska-Wyrwał E., Danek T., Wistuba M., Krąpiec M., Woskowicz-Ślązak B. 2012. Czasowe relacje pomiędzy redukcjami przyrostów rocznych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) oraz śmiertelnością niemowląt pod wpływem zanieczyszczeń atmosferycznych – przykład z województwa śląskiego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 54: 248-260.

- Malik I., Danek M., Marchwińska-Wyrwał E., Danek T., Wistuba M., Krąpiec M. 2012a. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Growth Suppression and Adverse Effects on Human Health Due to Air Pollution in the Upper Silesian Industrial District (USID), Southern Poland. *Water and Soil Pollution* 223: 3345-3364.
- Marchwińska-Wyrwał E., Dziubanek G., Skrzypek M., Hajok I. 2010. Study of the health effects of long-term exposure to cadmium and lead in a region of Poland. *International Journal of Environmental Health Research* 1: 1-6.
- Mazurski K. R. 2008. Destruction of forests in the Sudetes – thirty years later. W: *Výroční konference ČGS, Liberec 25-29.08.2008*: 30-41.
- Michalik P. 2009. Niska emisja-świadomość zagrożenia z niej wynikających wśród różnych grup społecznych na przykładzie rolników z powiatu plockiego i sierpeckiego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 40: 617-622.
- Sensuła B., Wilczyński S., Opała M. 2015. Tree Growth and Climate Relationship: Dynamics of Scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) Growing in the Near-Source Region of the Combined Heat and Power Plant During the Development of the Pro-Ecological Strategy in Poland. *Water Air Soil Pollution* 226: 220-237.
- Starzyk J.R., Grodzki W., Capecki Z. 2005. Występowanie kornika drukarza *Ips typographus* (L.) w lasach zagospodarowanych i objętych statusem ochronnym w Gorcach. *Leśne Prace Badawcze* 1: 7-30.
- Szychowska-Krąpiec E., 2009. Monitoring drzewostanów zagrożonych przez emisje przemysłowe. W: Zielski A., Krąpiec M. (red.). *Dendrochronologia*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 243-250.
- Szychowska-Krąpiec E., Wiśniowski Z. 1996. Zastosowanie analizy przyrostów rocznych sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) do oceny wpływu zanieczyszczeń przemysłowych na przykładzie zakładów chemicznych "Police" (woj. szczecińskie). *Geologia* 22: 281-299.

Paweł Rutkiewicz*, Ireneusz Malik, Małgorzata Wistuba
Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi
*rutkiewiczpawel33@gmail.com