

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Raport z testu badawczego dotyczącego analizy zanieczyszczenia powietrza (powiat lubaczowski) z wykorzystaniem bioindykacji

Nadzór merytoryczny:

Dr Katarzyna Łuszczczyńska

1. Plan badawczy zawierający przebieg badań z podziałem na prace terenowe i laboratoryjne, wraz ze wskazaniem kolejnych kroków przebiegu prac badawczych

a) Prace terenowe:

- wytyczenie obszaru badawczego
- wytypowanie odpowiednich drzew do poboru prób dendrochronologicznych (brak defoliacji, zranień, selekcja gatunkowa, posiadanie jednej strzały),
- pobór prób z drzew polegający na zastosowaniu świdra Presslera,
- spakowanie rdzeni do specjalnie przygotowanych pudełek i oznaczenie pudełek,
- dokumentacja stanowiska,
- opis cech morfologicznych drzewa,
- naniesienie pozycji GPS dla każdego drzewa.

b) Prace kameralne:

- wklejenie rdzeni do specjalnie przygotowanych desek drewnianych,
- szlifowanie rdzeni przy użyciu kolejno kilku typów papierów ściernych najpierw o granulacji 100, później 250, 500 i na końcu 1000,
- pomiar przyrostów rocznych przy użyciu aparatury badawczej LinTab z oprogramowaniem TSAPWin Professional 4.65, dokładność 0,01 mm,
- analiza z wykorzystaniem skeleton plot i eliminacja przyrostów brakujących i fałszywych,
- datowanie epizodów zanieczyszczenia powietrza poprzez identyfikację redukcji przyrostów rocznych,

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

- wytypowanie lat z redukcją przyrostów rocznych poprzez opracowanie wykresu zbiorowego ukazującego % lub ilość drzew zapisujących zanieczyszczenie powietrza w poszczególnych latach.

2. *Opis przebiegu prac badawczych z uwzględnianiem założeń teoretycznych, opisu metody, ewentualnego poboru prób w terenie i kolejnych kroków prac laboratoryjnych.*

Metoda badawcza

Test badawczy przeprowadzono w oparciu o analizę 25 rdzeni przyrostowych pobranych z sosen rosnących 3 km na wchód od Lubaczowa (Rycina 1). Już na etapie przygotowawczym wykonano szczegółową, wieloaspektową ocenę wizualną drzewostanu, której głównym celem była eliminacja osobników wykazujących symptomy chorób, uszkodzeń mechanicznych lub innych zaburzeń mogących wpływać na przebieg przyrostu radialnego oraz obniżyć wiarygodność dalszych analiz. Uwzględniono przy tym ogólną kondycję drzew, stan aparatu asymilacyjnego oraz ewentualne deformacje pni. Rdzenie przyrostowe pozyskano przy użyciu świdra Presslera, wykonując odwierty na standardowej wysokości pierśnicy (1,3 m) (Rycina 2), zgodnie z przyjętymi procedurami dendrochronologicznymi. Z każdego drzewa pobrano jeden rdzeń, co pozwoliło na uzyskanie materiału reprezentatywnego dla badanej populacji przy jednoczesnym ograniczeniu ingerencji w tkanki drzewne. Pobrane próby zostały następnie starannie osadzone w drewnianych listewkach, co zapewniło ich stabilizację, właściwą orientację oraz odpowiednie przygotowanie do dalszych etapów analiz laboratoryjnych i pomiarowych. Kolejnym etapem było stopniowe i wieloetapowe szlifowanie powierzchni rdzeni przy użyciu papierów ściernych o rosnącej gradacji (100, 250 oraz 500), co umożliwiło uzyskanie wyraźnego i czytelnego obrazu granic słoików rocznych. W przypadkach, gdy granice przyrostów pozostawały słabo widoczne lub niejednoznaczne, zastosowano dodatkowo papier o gradacji 1000, co znacząco zwiększyło dokładność zarówno obserwacji makroskopowych, jak i mikroskopowych oraz ułatwiło dalsze pomiary.

Następnie dla każdej opracowano indywidualne wzorce szkieletowe (tzw. skeleton plot), stanowiące podstawowe narzędzie analityczne w dendrochronologii. Pozwoliło to na identyfikację lat o charakterystycznych zmianach przyrostowych, w tym lat inicjujących redukcje przyrostów

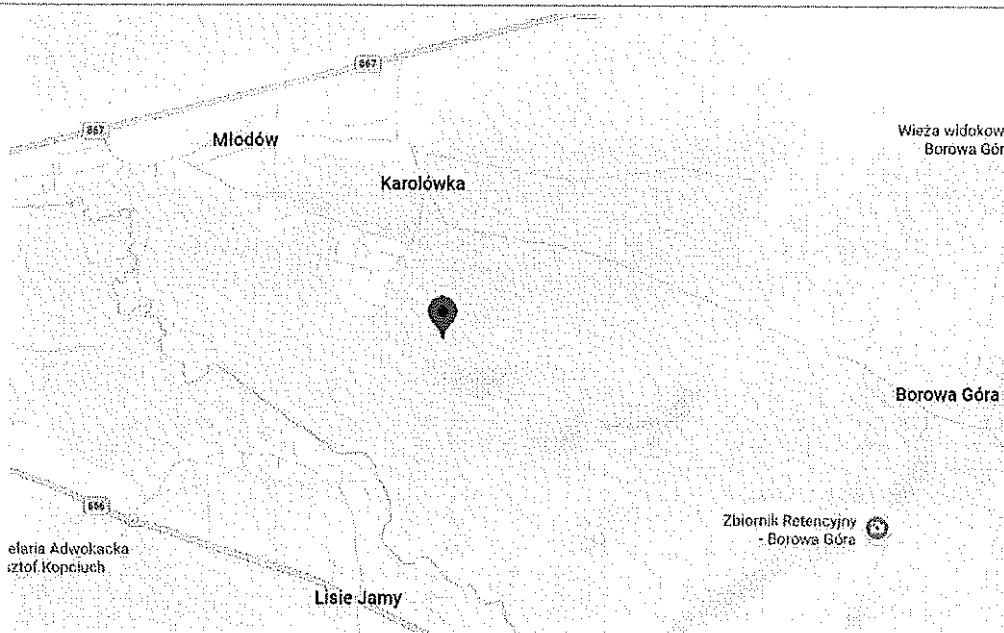
Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

radialnych, a także na określenie stopnia synchronizacji tych zjawisk pomiędzy badanymi osobnikami (Rycina 3). Dodatkowo analiza ta umożliwiła wstępne wykrycie potencjalnych anomalii w sekwencjach przyrostowych. W dalszym etapie przeprowadzono szczegółowe pomiary szerokości przyrostów rocznych z wykorzystaniem precyzyjnych metod pomiarowych, a uzyskane dane posłużyły do opracowania lokalnej chronologii przyrostowej dla badanego stanowiska (Rycina 4). Na tej podstawie możliwe było nie tylko wyodrębnienie okresów o obniżonej dynamice wzrostu, ale także ich ilościowa i jakościowa charakterystyka oraz klasyfikacja pod względem intensywności. Zidentyfikowane redukcje przyrostów podzielono na słabe i silne, przyjmując jednoznaczne i powtarzalne kryteria ilościowe. Za okres redukcji uznano wystąpienie co najmniej trzech kolejnych przyrostów o zmniejszonej szerokości w odniesieniu do sekwencji poprzedzającej. Redukcję silną definiowano jako serię przyrostów, w której średnia szerokość przyrostu osiągała wartość równą lub niższą niż 50% średniej szerokości trzech przyrostów bezpośrednio poprzedzających analizowany okres. Redukcję słabą określano analogicznie, przy czym szerokość pojedynczego przyrostu w analizowanym okresie mieściła się w przedziale 30–50% średniej szerokości trzech wcześniejszych przyrostów. Uzyskane sekwencje redukcji zostały następnie szczegółowo zestawione z opracowanymi wcześniej wzorcami szkieletowymi, co umożliwiło weryfikację poprawności datowania, ocenę spójności chronologii oraz identyfikację potencjalnych przyrostów brakujących lub trudnych do jednoznacznego rozpoznania. Takie kompleksowe podejście analityczne pozwoliło na istotne zwiększenie precyzji prowadzonych badań oraz podniosło wiarygodność uzyskanych wyników dendrochronologicznych, stanowiących podstawę dalszych interpretacji środowiskowych.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



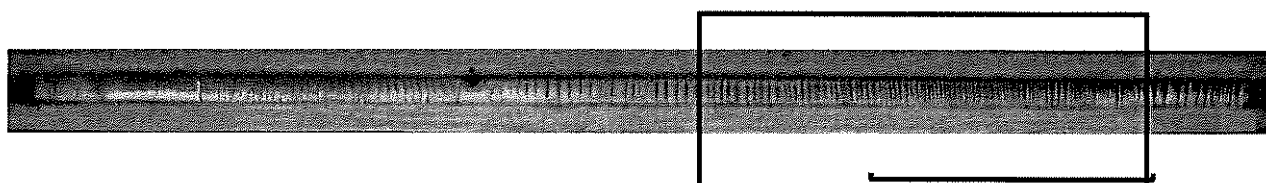
Rycina 1. Miejsce poboru prób z drzew zaznaczone na mapie topograficznej (górną mapą) i na ortofotomapie (dolną mapą).

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



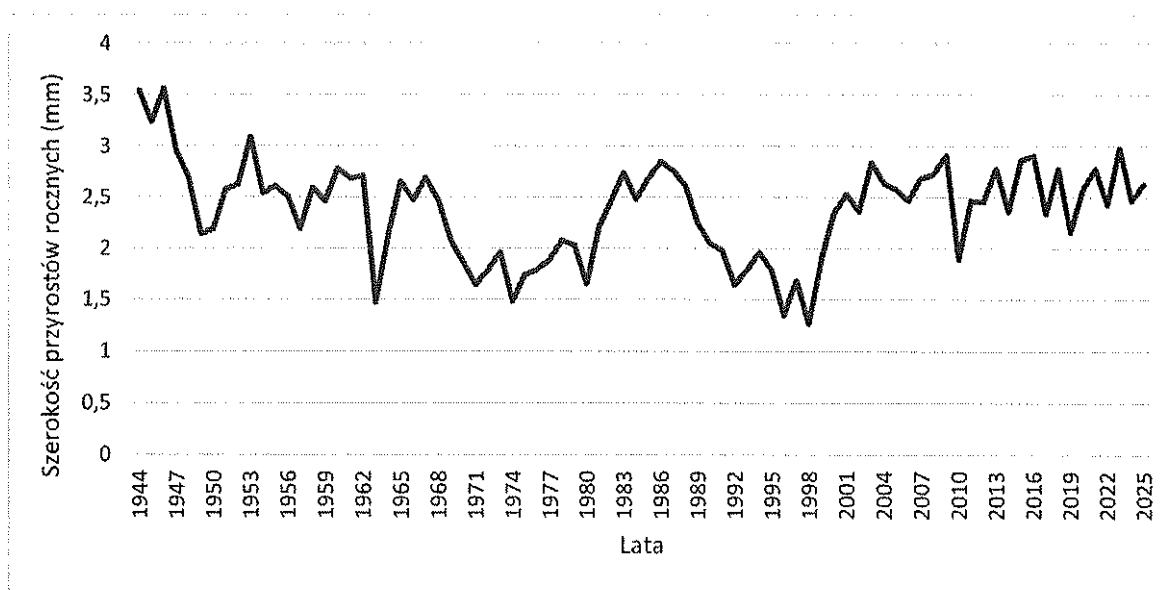
Rycina 2. Świder Presslera wraz z rdzeniem pobranym z drzewa.



Rycina 3. Rdzeń pobrany z drzewa z widoczną długo trwającą redukcją przyrostów rocznych wynikającą z zanieczyszczenia powietrza (redukcje przyrostów rocznych zaznaczono prostokątem)

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Rycina 4. Chronologia utworzona dla wszystkich opróbowanych drzew w czasie testu badawczego.

3. Wyniki badań w postaci obliczeniowej oraz niezbędnej dokumentację w postaci tabel, wykresów i rysunków

Drzewa będące przedmiotem testu badawczego wykształciły w niektórych latach silnie zredukowane, pojedyncze przyrosty roczne. Na chronologii opracowanej w czasie testu badawczego wyróżniają się lata 1963, 1974, 1980, 1996 i 1998. W tych latach drzewa wykształciły silnie zredukowane przyrosty roczne. Ich wykształcenie ma związek prawdopodobnie z niekorzystnymi warunkami środowiskowymi oddziaływującymi na drzewa będące przedmiotem testu badawczego. Przyrost roczny drzew kształtowany jest przez złożone oddziaływanie wielu czynników środowiskowych, biologicznych oraz antropogenicznych, które wpływają na tempo i przebieg procesów wzrostowych. Do najważniejszych należą czynniki klimatyczne, w szczególności temperatura powietrza oraz opady atmosferyczne. Temperatura determinuje długość i intensywność okresu wegetacyjnego, natomiast dostępność wody wpływa bezpośrednio na przebieg procesów fizjologicznych, takich jak fotosynteza i transpiracja. Zarówno niedobór wody (susza), jak i jej nadmiar mogą prowadzić do ograniczenia przyrostu radialnego. Istotną rolę

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

odgrywają także warunki glebowe, w tym żyzność, struktura, wilgotność oraz głębokość gleby. Czynniki te determinują dostępność składników pokarmowych oraz rozwój systemu korzeniowego, co bezpośrednio przekłada się na możliwości wzrostowe drzewa. Nie bez znaczenia jest również odczyn gleby (pH), który wpływa na przyswajalność makro- i mikroelementów. Kolejną grupę stanowią czynniki siedliskowe, takie jak ekspozycja stoku, nachylenie terenu oraz wysokość nad poziomem morza. Wpływają one na warunki świetlne, temperaturę oraz bilans wodny, a tym samym na dynamikę przyrostu rocznego. W terenach górskich szczególne znaczenie ma skrócony okres wegetacyjny oraz większa zmienność warunków pogodowych. Duże znaczenie mają również czynniki biotyczne, w tym konkurencja między drzewami o światło, wodę i składniki pokarmowe. W gęstych drzewostanach ograniczony dostęp do zasobów może prowadzić do redukcji przyrostów. Dodatkowo wpływ mają organizmy szkodliwe, takie jak owady czy patogeny grzybowe, które mogą osłabiać drzewa i powodować spadek ich aktywności wzrostowej. W przypadku opróbowanych drzew można przypuszczać, że za redukcję przyrostów rocznych w latach 1963, 1974, 1980, 1996 i 1998 odpowiedzialne są warunki klimatyczne, przede wszystkim susze a także przymrozki wiosenne. Redukcje te nie są powiązane z zanieczyszczeniem powietrza.

W obrębie badanej chronologii stwierdzono występowanie dwóch redukcji przyrostów rocznych. Pierwsza z nich wystąpiła w latach 1971-1980. Redukcja ta ma związek z zanieczyszczeniem powietrza które wystąpiło w tym okresie. Zanieczyszczenie powietrza w tym czasie związane jest z rozwojem przemysłu w całej Europie, w tym także w Polsce. Emisja zanieczyszczeń w tym czasie była ogromna. Do atmosfery dostawały się zanieczyszczenia będące nawet powodem zamierania drzewostanów na dużą skalę. Trudniej jest wyjaśnić drugi okres redukcji przyrostów rocznych który wystąpił w okresie 1991-1999. W tym czasie emisja przemysłowych zanieczyszczeń była zahamowana w Polsce i drzewa raczej wykształcały szerokie przyrosty roczne. Być może za tłumienie wzrostu przyrostów w tym okresie odpowiedzialny jest lokalny czynnik środowiskowych np. okresowa gradacja owadów lub też okiść która mogła spowodować długotrwałe uszkodzenia drzewostanów i potrzebę ich stopniowej regeneracji.

Literatura

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

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.

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.

Malik I., Danek M., Marchwińska-Wyrwał E., Danek T., Wistuba M., Krąpiec M. 2012. 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.

Michalik P. 2009. Niska emisja-świadomość zagrożenia z niej wynikających wśród różnych grup społecznych na przykładzie rolników z powiatu płockiego 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.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

4. Wnioski z przeprowadzonych badań w formie opracowania zawierającego szczegółowe analizy wraz z szacunkiem dotyczącym zagrożenia występującego w testowanym terenie (osuwiskowego, powodziowego, związanego z zanieczyszczeniem powietrza zależnie od typu testu badawczego)

Test badawczy przeprowadzony dla terenów sąsiadujących z Lubaczowem wykazał, że rosnące tam drzewa zapisały kilka pojedynczych lat redukcji przyrostów rocznych: 1963, 1974, 1980, 1996 i 1998. Redukcje te nie są jednak związane z zapisem zanieczyszczenia powietrza. Mają one związek prawdopodobnie z niekorzystnymi warunkami klimatycznymi panującymi w tych latach. Na redukcje te wpłynęły z dużym prawdopodobieństwem susze i wczesne przymrozki.

Analiza chronologii skonstruowanej dla badanego stanowiska pozwoliła stwierdzić, że drzewa wykształciły zredukowane przyrosty roczne w okresie 1971-1980 i w okresie 1991-1999. Pierwszy okres redukcji przyrostów powiązany jest z pewnością z okresem silnego zanieczyszczenia środowiska, które zapisało się w drzewach rosnących w całej Europie. Emisja zanieczyszczeń do atmosfery była w tym czasie tak duża, że zadecydowała ona o zamieraniu drzewostanów na dużą skalę. Nietypowa jest natomiast druga redukcja przyrostów, która wystąpiła w latach 90. XX wieku. W okresie tym nie odnotowano wzmożonej emisji zanieczyszczeń atmosferycznych, nie można jednak wykluczyć, że wystąpiła ona w badanym stanowisku lokalnie. Jednak bardziej prawdopodobne jest, że za redukcje przyrostów rocznych w tym okresie odpowiedzialny jest środowiskowy czynnik lokalny np. gradacja owadów lub okiść. Test badawczy nie wykazał redukcji przyrostów charakterystycznych dla okresu po 2000 roku. Oznacza to, że w badanym obszarze nie stwierdzono zagrożenia zanieczyszczeniami z niskiej emisji. Nic nie wskazuje także, aby zagrożenie to mogło wystąpić w przyszłości (nie odnotowano w ostatnich latach redukcji przyrostów rocznych).

PREZES ZARZĄDU
Oddział Górnośląski, Państwo
Katowice, 09/03/2026
Towarzystwo Ziemi
dr h.c. hab. Henryk Cabala