

Stabilność lasu i drzewostanów sosnowych na Niziu Polskim i w Krainie Śląskiej

Ryszard Miś

Abstrakt. Badania stabilności drzewostanów sosnowych zaprojektowane przez autora i wykonane przez zespół pracowników podjęto w latach 90. XX wieku. Zlokalizowano je na obszarze Niziu Polskiego i w przyrodniczo leśnej Krainie Śląskiej. Referat zawiera wybrane przykłady odnoszące się do wyników uzyskiwanych na kolejnych etapach prac w latach 1993–1995 oraz 2003–2005: rozkład przestrzenny i dynamika zanieczyszczeń gazowych (SO_2 i NO_x), wyniki analizy retrospektywnej 270 ściętych drzew próbnych na 18 powierzchniach doświadczalnych, przebieg rzeczywistego i modelowego tempa wzrostu wysokości drzew, wyniki badania interakcji dwóch źródeł zmienności procentu przyrostu wysokości drzew (zanieczyszczenia, klimat), przejawy stabilności lasów (analiza stałości wybranych cech), rezultaty prac gleboznawczych, fitosocjologicznych, entomologicznych i fitopatologicznych. W ostatnim okresie (2006–2010) zbadano relacje pomiędzy ilością i jakością produkcji drewna oraz stabilnością drzewostanów sosnowych. Okazało się między innymi, że relacja ta ma charakter zależności liniowej – wraz ze wzrostem produktywności zwiększa się stabilność całkowita drzewostanów.

Słowa kluczowe: antropopresja, stabilność lasu, stabilność drzewostanu, produktywność drzewostanu.

Abstract. Forest and pine stand stability on the Polish Lowland and Silesia region. The research project concerning pine stands stability designed by the author and carried out by members of the cooperating team was undertaken in 1990c. Experiments were conducted in the area of the Polish Lowland as well as in the natural-forest Region of Silesia. The paper presents the following selected examples referring to the results obtained during the consecutive stages of investigations carried out in years 1993–1995 and 2003–2005; space distribution and gas contamination dynamics (SO_2 and NO_x), results of retrospective analysis of 270 sample trees cut on 18 experimental surfaces, the course of actual and model rates of tree height increment, results of investigations regarding interactions of two sources of percentage variations in the tree height increments (contaminations, climate), manifestations of forest stability (stability analysis of selected features) as well as the results of soil science, phytosociological, entomological and phytopathological work. During last period (2006–2010), relationships between the quantity and quality of timber production and pine stands stability were investigated. It turned out, among others, that this relationship was characterised by a linear nature – together with the increase of productivity stand overall stability was also found to increase.

Key words: anthropopressure, forest stability, stand stability, stand production.

Wstęp

Pojęcie stabilności jest w leśnictwie związane z dążeniem do uzyskania stabilnego rozwoju gospodarki, który w dużej mierze jest uwarunkowany stanem lasów oraz względną odpornością drzew i drzewostanów na czynniki zakłócające ich wzrost i rozwój. Problem braku trwałości biologicznej i zamierania lasów pojawił się w lasach europejskich w latach 70. i 80. XX wieku i dotyczył w Polsce przede wszystkim drzewostanów sosnowych. Pierwsze polskie publikacje na ten temat (Greszta 1975, Harabin et. all. 1980, Rymer-Dudzińska 1982, Rieger et. all. 1987, Magnuski 1988, Magnuski, Sienkiewicz 1989, 1990, 1993; Magnuski et. all. 1990, Magnuski et. all. 1992; Zwoliński 1995, 2001; Rymer-Dudzińska et. all. 1997, Jaszczak 1998, Rymer-Dudzińska 2001) analizują rodzaj i rozmiar szkód w lasach położonych w sąsiedztwie zagłębia przemysłowego lub aglomeracji miejskiej, chemizację gleb i roślin oraz przyrost drzewostanów. Omówienie wielu ważnych pozycji polskiej literatury dotyczącej wpływu zanieczyszczeń przemysłowych na lasy zawiera między innymi rozprawa doktorska Rączki (2005).

Badania nad wpływem długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niziu Polskiego i stabilnością drzewostanów sosnowych, zaprojektowane przez autora niniejszego opracowania i wykonane przez zespół pracowników kilku Katedr Wydziału Leśnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu z udziałem Instytutu Badawczego Leśnictwa w Warszawie oraz Biura Urządzania Lasu w Warszawie i Poznaniu, zrealizowano w ramach dwóch projektów badawczych KBN (1993–1995 oraz 2003–2005). Badania te miały na celu określenie charakteru i skali zmian w stanie środowiska świeżych borów sosnowych (w lasach gospodarczych) pozostających pod wpływem długotrwałego oddziaływania kompleksu czynników antropogenicznych na Niziu Polskim. Zagadnienie tempa wzrostu drzew w strefach zagrożeń i uszkodzeń lasów kontynuowano następnie dla obszaru Krainy Śląskiej. Ponadto problematyka relacji pomiędzy ilością i jakością produkcji drewna a stabilnością drzewostanów była przedmiotem badań zrealizowanych w latach 2006–2010 przez zespół Katedry Urządzania Lasu UP w Poznaniu w ramach szerzej zakrojonych badań SGGW i koordynowanych przez prof. dr. hab. Edwarda Stępnia.

Prace przebiegały na następujących etapach:

- wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niziu Polskiego (projekt badawczy KBN zrealizowany w latach 1993–1995),
- wpływ kompleksu czynników antropogenicznych i klimatycznych na środowisko świeżych borów sosnowych Niziu Polskiego (projekt badawczy KBN zrealizowany w latach (2003–2005),
- wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na wzrost wysokości sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Krainie Śląskiej (1997–2005) – praca doktorska wykonana w Katedrze Urządzania Lasu na Wydziale Leśnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu,
- relacje pomiędzy ilością i jakością produkcji drewna oraz stabilnością drzewostanów sosnowych (2006–2010) – projekt badawczy sfinansowany przez Lasy Państwowe.

Metody

Głównym celem pierwszego etapu badań było stwierdzenie, czy duże wówczas zanieczyszczenia przemysłowe w kraju miały wpływ na stan siedlisk i drzewostanów świeżych borów sosnowych środkowej i zachodniej części kraju. Wykonano następujące prace: a) lokalizacja obiektów badawczych, pomiary dendrometryczne, retrospekcja wzrostu drzew, b) pobranie próbek gleby oraz igieł z aparatu asymilacyjnego koron drzew do badań laboratoryjnych, analiza budowy i właściwości gleb c) zdjęcia fitosocjologiczne, charakterystyka roślinności.

Wstępnie wytypowano do badań nadleśnictwa i obręby leśne na podstawie analizy wyników monitoringu technicznego, monitoringu biologicznego i danych z wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu zdrowotnego i sanitarnego lasu. Ostatecznego wyboru dokonano na podstawie wyników oceny stopnia uszkodzenia lasów i metody stosowanej w praktyce Biura Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej w Poznaniu. Na obiekt kontrolny wybrano nadleśnictwa Waliły i Żednia położone na wschodzie kraju (imisja SO_2 na poziomie $7,3 \text{ mg/m}^2/\text{dobę}$ – wyrażona w ówczesnie stosowanych jednostkach monitoringu leśnego). Pozostałe obiekty zlokalizowano w części zachodniej i południowo-zachodniej kraju – w nadleśnictwach: Włoszakowice ($25,0 \text{ mg/m}^2/\text{dobę}$), Sieraków (17,1), Oborniki (14,5), Żołędowo (8,5). Uzyskano w ten sposób pełną skalę zróżnicowania obszarów leśnych Nizy Polskiego pod względem poziomu emisji SO_2 , a dynamika zmian tych emisji świadczyła o występującym już wówczas wyraźnym trendzie obniżania się poziomu zawartości SO_2 w powietrzu atmosferycznym. O zakwalifikowaniu do badań zdecydowały średnie wartości z okresu 1986–1993.

W wybranych obiektach założono 18 powierzchni badawczych. Celem uzyskania dobrej reprezentatywności powierzchni doświadczalnych w stosunku do wszystkich świeżych borów sosnowych występujących na obszarze danego nadleśnictwa i obrębu określono cechy przeciętne drzewostanów w poszczególnych stopniach wieku – na podstawie danych z urzędowania lasu. Wyszukano w terenie drzewostany posiadające te cechy i założono ogółem 5 serii powierzchni doświadczalnych: seria 6 powierzchni w obiekcie kontrolnym oraz 4 serie po 3 powierzchnie w każdym z pozostałych 4 obiektów – łącznie 18 stałych powierzchni doświadczalnych, ustabilizowanych w terenie, reprezentujących trzy stopnie wieku (71–80, 81–90 i 91–100 lat). Pomierzono pierśnice wszystkich drzew oraz wysokości 20% drzew. Wielkość powierzchni doświadczalnej w zależności od wieku i liczby drzew wahała się w granicach od $0,25$ do $1,00 \text{ ha}$. Pomierzono wszystkie drzewa i obliczono wymiary drzew próbnych. Łącznie ścięto 270 drzew próbnych (po 5 drzew w każdej z trzech klas Uricha) i nawiercono 4860 drzew stojących. Na ściętych drzewach pomierzono wysokość położenia okółków w poszczególnych latach kalendarzowych od wierzchołka aż do ostatniego widocznego jeszcze wyraźnie śladu. Bardziej szczegółowe informacje dotyczące założeń metodycznych, charakterystyki obszaru Nizy Polskiego, procedury lokalizacji obiektów badawczych i opisu materiału badawczego są dostępne w pracy (Miś 1995a).

Badania gleboznawcze (Sienkiewicz 1995) wykonane w latach 1993–1994 obejmowały analizę właściwości gleb na podstawie materiału uzyskanego z 18 odkrywek glebowych (jedna odkrywka do głębokości 2 m, pogłębiona wierceniem do 325 cm na każdej powierzchni doświadczalnej). Badaniom poddano aparat asymilacyjny każdego z 270 ściętych drzew. W tym celu pobrano materiał z górnej części korony z igłami ostatniego rocznika. Określono laboratoryjnie długości oraz masę igieł w stanie suchym i świeżym, ich barwę i skład chemiczny.

Zdjęcia fitosocjologiczne (Danielewicz, Szwed 1995) wykonano w czerwcu i lipcu w roku 1994 (Włoszakowice, Sieraków, Oborniki) i 1995 (Walilły, Żednia, Żołędowo). Zgromadzono materiał obejmujący 76 zdjęć fitosocjologicznych metodą Braun-Blanqueta w modyfikacji Barkmana.

Prace analityczne pierwszego etapu koncentrowały się przede wszystkim na zakłóceniach w dynamice wzrostu wysokości i grubości drzew próbnych, deformacjach w jakości drzew (klasyfikacja IUFRO z 1956 roku), charakterystyce zróżnicowania właściwości fizyczno-chemicznych i chemicznych gleb oraz charakterystyce składu florystycznego badanych fitocenozy. Pierwszy etap badań zrealizował zespół z Wydziału Leśnego AR w Poznaniu: W. Danielewicz, J. Kukuła, R. Miś (kier.), A. Sienkiewicz, W. Szwed, J. Zientarski z udziałem Instytutu Badawczego Leśnictwa (J. Głaz) i Biura Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej w Warszawie (S. Zajczkowski).

Na drugim etapie prac (2003–2005) zbadano: a) rozkład przestrzenny wybranych czynników klimatycznych Niżu Polskiego (Rączka 2008) – w oparciu o bazę GHCN (Global Historical Climatology Network), b) zbiorowiska grzybów w środowisku glebowym (Mańka 2008), c) zgrupowania epigeicznych owadów (Korczyński 2008), d) zmienność cech taksacyjnych drzewostanów sosnowych (Węgiel 2008), e) przejawy stabilności i zakłóceń procesu wzrostu drzew i drzewostanów (Miś 2008), f) wpływ dwóch źródeł zmienności (sucha depozycja imisji gazowych SO_2 i NO_x oraz czynniki klimatyczne) na przyrost wysokości drzew (Miś, Rączka 2008).

Badanie zbiorowisk grzybów glebowych miało na celu ustalenie, czy zbiorowiska te ukształtowane w badanych obiektach pod wpływem różnych czynników środowiska – w tym zanieczyszczeń powietrza – odzwierciedlają swą strukturą (oraz oddziaływaniem na patogeny *Heterobasidion annosum*) stopień zanieczyszczenia środowiska. W każdym z badanych drzewostanów pobrano próby gleby z sześciu punktów rozmieszczonych równomiernie na okręgu o średnicy 12 m. Łącznie, po zmieszaniu próbek, z jednego wydzielenia otrzymywano próbę o objętości ok. 1 dm³ gleby, którą umieszczano w sterylnym pojemniku plastikowym. Izolacji grzybów dokonywano metodą Warcupa w modyfikacji K. Mańki. Bliższe szczegóły odnoszące się do sposobu izolacji zbiorowisk saprotroficznych grzybów z gleby, testów szeregów biotycznych i analiz statystycznych podaje Mańka (2008).

Prace entomologiczne wykonano w 2003 i 2004 roku. Odławiano owady z rodziny *Carabidae*, stosując pułapki glebowe Barbera. Na każdej z 18 powierzchni doświadczalnych znajdowało się 10 pułapek. Określono skład gatunkowy zgrupowań *Carabidae* i liczebność osobników należących do poszczególnych gatunków. Wyróżniono trzy grupy troficzne: duże zoofagi (powyżej 100 mg), małe zoofagi i hemizoofagi. W zależności od preferowanego środowiska owady podzielono na gatunki: leśne, eurytopowe, terenów bardzo wilgotnych bagiennych, terenów otwartych. Określono strukturę dominacyjną zgrupowań, podobieństwo, wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wavera, wskaźnik bogactwa gatunkowego Margalefa oraz wskaźnik forestacji i rozwoju zgrupowania *Carabidae*. Kompletny opis metod badawczych podaje Korczyński (2008).

Na drugim etapie badań stabilność borów sosnowych określano dwoma metodami: a) analizy wyników retrospekcji wzrostu drzew próbnych w okresie 1940–1993 (Miś, Rączka 2008), b) retrospekcji stanu drzewostanów na podstawie urzędniowej bazy danych z trzech kolejnych inwentaryzacji (Miś 2008). Drugi etap zrealizował zespół pracowników Wydziału Leśnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: I. Korczyński, J. Kukuła, M. Mańka, R. Miś (kier.), G. Rączka, P. Sienkiewicz, P. Strzeliński, A. Węgiel.

Trzeci etap badań (1997–2005) stanowił kontynuację etapu drugiego w zakresie reakcji drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. Celem prac było sprawdzenie czy w innym regionie kraju (Kraina Śląska) reakcje drzew na zanieczyszczenia gazowe są podobne do tych, które stwierdzono na Niżu Polskim. Badania wykonano w Katedrze Urządzenia Lasu UP w ramach pracy doktorskiej (Rączka 2005), stosując analogiczne założenia metodyczne dotyczące wyboru do badań obrębów leśnych i lokalizacji powierzchni badawczych. Powierzchnie kontrolne zlokalizowano w strefie zanieczyszczeń niskich. Po pomiarze wszystkich drzew stojących na każdej z 11 założonych powierzchni (wielkości 0,50 ha) ścięto po 15 drzew próbnych i pomierzono na nich wysokość położenia okółków. Dodatkowo dla celów kontrolnych ze ściętych drzew pobrano wyrzynki w dwumetrowych sekcjach. Pomiarom objęto ogółem 165 drzew próbnych, w tym 30 na powierzchniach kontrolnych.

Na czwartym etapie badań (2006–2010) zbadano: a) zależności między atrybutami produkcji drewna a stabilnością drzewostanów sosnowych (analiza przebiegu procesu produkcji podstawowej, oszacowanie stabilności drzewostanów, określenie relacji produkcja–stabilność), b) wpływ wybranych cech drzewostanu na rozmiar uszkodzeń powodowanych przez wiatr (retrospekcyjna charakterystyka stanu drzew i drzewostanów przed huraganem, charakterystyka uszkodzeń i ubytków powstałych w wyniku huraganu, zależności pomiędzy cechami drzewostanów a rozmiarem ubytków po huraganie, analiza zdjęć hemisferycznych). Obiektem badań były drzewostany sosnowe czterech nadleśnictw: Syców (RDLP Poznań), Oleśnica (RDLP Wrocław), Zawadzkie (RDLP Katowice), Przedbórz (RDLP Łódź). Podstawowym kryterium wyboru regionu i nadleśnictwa do badań było udokumentowane, zróżnicowane oddziaływanie na drzewostany sosnowe czynników procesu produkcji podstawowej, a zwłaszcza wystąpienie w ostatnim okresie gospodarczym huraganowych wiatrów jako głównego czynnika destabilizującego drzewostany oraz procesy produkcyjne. W badaniach czwartego etapu przyjęto następujące założenie, że analizy oparte na danych z systemu SILP mają stanowić wstępną część badań mających na celu rozpoznanie przebiegu procesów wzrostu i rozwoju drzewostanów sosnowych w okresie lat 1970–2010 i trendów zmian w relacji produkcja–stabilność.

Na czwartym etapie badań testowano cztery następujące hipotezy: a) stan głównych czynników produkcji podstawowej ma istotny wpływ na badaną relację: „produkcyjność–stabilność” drzewostanów sosnowych, b) istnieje specyficzny układ cech struktury drzewostanu sosnowego, który ma istotny wpływ na jego stabilność w procesie produkcji podstawowej, c) ze wzrostem produkcyjności rośnie stabilność drzewostanów sosnowych, d) zasoby danych z kolejnych inwentaryzacji urzędzenia lasu i baza systemu SILP mogą stanowić wystarczające źródło danych pozwalającą na elastyczne, ciągłe korygowanie cech struktury drzewostanów sosnowych w toku bieżącego wykonywania zabiegów gospodarczych, celem właściwego ukształtowania stabilności poszczególnych drzewostanów w procesie produkcji podstawowej. Uznano, że w pełni poprawne i wiarygodne określenie relacji pomiędzy produkcją a stabilnością drzewostanów sosnowych na obszarach uszkodzonych przez huraganowe wiatry jest możliwe tylko na materiale badawczym pochodzącym ze stałych powierzchni badawczych – założono więc powierzchnie próbne w każdym badanym nadleśnictwie, a wyniki analizy tego materiału należy traktować jako początkowy, wstępny etap badań wymagających długiego okresu obserwacji i pomiarów. Czwarty etap badań wykonał zespół pracowników Katedry Urządzenia Lasu UP Poznań: R. Miś (kier.), P. Strzełiński, D. Sugiero, A. Węgiel.

Wyniki

Wpływ kompleksu badanych czynników (zanieczyszczenia i klimat) na gleby w świeżych borach sosnowych wskazuje na pojawianie się negatywnych symptomów: zmiana odczynu gleby wyrażająca się pogłębieniem strefy zakwaszenia, zmniejszeniu tempa humifikacji i mineralizacji martwej materii organicznej, osłabienie zdolności buforowych gleb, obniżenie się stopnia wysycenia glebowego kompleksu sorpcyjnego wymiennymi kationami zasadowymi, zubożenie gleb w łatwo dostępne dla roślin formy fosforu, potasu wapnia i magnezu, zwiększenie stężenia jonów glinu wymiennego w roztworze glebowym, wzrost zawartości związków siarki ogółem. Symptomy te występują szczególnie wyraźnie w obrębie Włoszakowice, a w nieco mniejszym zakresie w Sierakowie, Obornikach i Żołędowie. Szczegółowe wyniki odnoszące się do badania właściwości gleb podaje Sienkiewicz 1995.

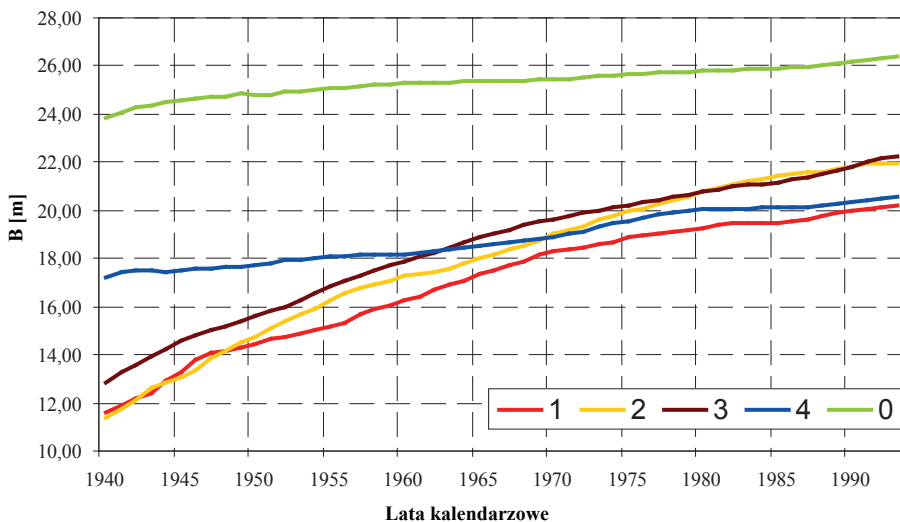
Badania fitosocjologiczne wykazały znaczne ubóstwo składu florystycznego i zaawansowany proces degeneracji fitocenoz w najbardziej skażonym chemicznie środowisku leśnym borów w części południowo-zachodniej Nadleśnictwa Włoszakowice – położonym w niewielkim odдалeniu od Legnicko-Głogowskiego Zagłębia Miedziowego. Najlepiej zachowana szata roślinna występuje na obszarach leśnych traktowanych jako zbliżone do stanu naturalnego (Walilicy i Żednia). Charakterystykę roślinności i przejawy zniekształcenia badanych fitocenoz podają Danielewicz i Szwed (1995).

Ocena stanu biocenoz na podstawie wskaźników opisujących cechy ogólne i strukturę zgrupowań Carabidae wykazała duże zróżnicowanie borów sosnowych pod względem stopnia zaawansowania rozwoju biocenoz. W szczególności dużą przydatność zooindykacyjną wykazał wskaźnik forestacji i rozwoju zgrupowania (FR), który określa zarówno to, w jakim stopniu fauna owadów jest leśna, jak i stopień jej podobieństwa do fauny lasów naturalnych. Najbardziej rozwinięte były cenozy drzewostanów sosnowych na wschodzie kraju w nadleśnictwach Walilicy i Żednia (FR = 72%). Stosunkowo dobrze były rozwinięte cenozy w Nadleśnictwie Oborniki (FR = 65,3%) i Nadleśnictwie Żołędowo (FR = 56,6%). Najmniej podobne do biocenoz leśnych były cenozy w nadleśnictwach Sieraków (FR = 28,3%) i Włoszakowice (FR = 30,5). Szczegółowy opis wyników podają Korczyński i Szwed (2008).

Retrospekcja wzrostu drzew wykazała, że na Niżu Polskim występują dwa typy wzrostu wysokości drzew: a) rzeczywiste tempo wzrostu jest zbliżone do tempa modelowego (ryc. 1 – obiekt kontrolny), b) rzeczywiste tempo wzrostu jest niskie w młodym wieku i zwiększa się z czasem (ten typ wzrostu występuje w pozostałych obiektach na Niżu Polskim i również w Krainie Śląskiej). Ponadto we wzroście drzew stwierdzono nienaturalne, cykliczne reakcje przyspieszenia i spowolnienia tempa wzrostu, a skala i charakter tych zmian uzależnione są od wielkości oddziałujących imisji, jak i od czasu ich działania (Miś 1995a, 2008). Podobne reakcje wzrostowe drzew występują w Krainie Śląskiej (Rączka 2005).

Wzrost wysokości drzew w ciągu całego okresu 1940–1993 charakteryzuje się różnym przebiegiem, w zależności od wielkości oddziałujących gazowych emisji przemysłowych (SO_2 i NO_x) oraz czynników klimatycznych (opadów atmosferycznych i temperatury powietrza), a różnice te są istotne dla obu tych działających oddzielnie źródeł zmienności (tab. 1). Badanie wpływu obu tych głównych źródeł zmienności na przyrost wysokości wskazuje na istotny wpływ imisji gazowych na kształtowanie się zmiennej średniego wzrostu wysokości drzew w latach 1940–1993. Efekt współdziałania czynników: temperatury powietrza i opadów

atmosferycznych z oddziaływaniami na drzewa zanieczyszczeniami przemysłowymi jest istotny tylko w przypadku opadu, przy czym istotność tej interakcji jest niższa niż czystego działania emisji (Miś, Rączka 2008), (tab. 2).



Ryc. 1. Krzywe ilorazu rzeczywistego (B) i modelowego (B_m) tempa wzrostu wysokości drzew próbnych w stopniu wieku 91–100 lat, w kolejnych latach kalendarzowych w okresie 1940–1993 w III klasie grubości drzew wg Uricha

Fig. 1. Curves of the actual (B) and model (B_m) quptients of height increment rates of sample trees in 91–100 years age degree in consecutive calendar years during the period 1940–1993 in the IIIrd Ulrich class of tree thickness

Tab. 1. Analiza wariancji współczynników regresji liniowej średniego wzrostu wysokości drzew próbnych z kolejnych okresów 10-letnich w latach 1940–1993

Table 1. Analysis of variance of linear regression coefficients of mean sample tree growth increments in consecutive 10-year periods in years 1940–1993

Źródło zmienności / Source of variable	Stopnie swobody / Degrees of freedom	Suma kwadratów / Sum square	Średni kwadrat / Mean square	F
A	2	0,0214	0,0083	6,145*
B	3	0,0179	0,0053	4,690*
A×B	6	0,0005	0,0001	0,067
błąd	198	0,1899	0,0009	–
całkowita / total	214	–	–	–

Objaśnienia: A – zanieczyszczenia gazowe – *gaseous imissions*, B – czynniki klimatyczne – *climate factors*

* $\alpha < 0,01$.

Tab. 2. Analiza wariancji procentu przyrostu wysokości drzew próbnych III klasy grubości Uricha w okresie 1940–1993

Table 2. Analysis of variance of percentage height increment of sample trees of Urich IIIrd thickness class during the period 1940–1993

Źródło zmienności / Source of variable	Stopnie swobody / Degrees of freedom	Suma kwadratów / Sum square	F	p
A	3	10,168	12,350*	0,0000
B	2	0,4987	0,568	0,8342
interakcja A×T	3	0,117	0,247	0,5798
interakcja A×O	3	6,190	8,357*	0,0009
(interactions)				

Objaśnienia, explanations: A – sucha depozycja imisji gazowych SO₂ i NO_x, *dry deposition of gaseous imissions* SO₂ i NO_x, B – czynniki klimatyczne, *climate factors*, T – maksymalna temperatura najcieplejszego miesiąca w roku poprzedzającym rozpoczęcie przyrostu wysokości [°C], *maximal temperature of the warmest month in the year preceeding height increment start* [°C], O – opad konsekwentny z ostatnich 24 miesięcy przed zakończeniem przyrostu wysokości [mm], *consecutive precipitation during the last 24 months before height increment termination* [mm],

* $\alpha < 0,01$.

Przebieg wzrostu wysokości drzew w obiekcie kontrolnym jest najbardziej zbliżony do stabilnego, modelowego charakteru tego procesu. Pierwsze oznaki długotrwałych, lecz słabych oddziaływań zanieczyszczeń pojawiły się w latach 1980–1993. Wystąpiły one we wszystkich trzech analizowanych stopniach wieku i klasach Uricha. Oznaki te polegają na zwiększeniu tempa wzrostu i istotnej zmianie dotychczasowych tendencji wzrostowych.

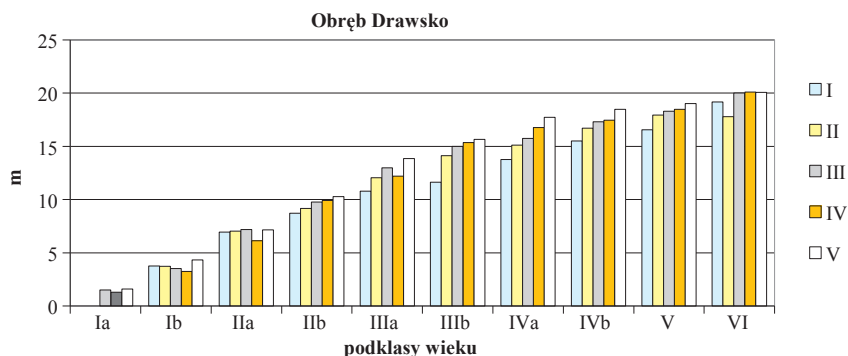
Statystyczna analiza długości i masy 100 par igieł wykazała, że w obiekcie najbardziej zagrożonym (Włoszakowice) igły drzew najgrubszych (3 klasa Uricha) są krótsze i lżejsze od igieł drzew przeciętnej grubości (2 klasa). Zjawisko to występuje we wszystkich trzech badanych stopniach wieku. Natomiast w obiekcie kontrolnym i w pozostałych obiektach prawidłowości tej nie stwierdzono.

Graniczna dawka imisji gazowych wyrażona ich suchą depozycją wywołująca statystycznie istotne zakłócenia procesu wzrostu wysokości drzew na Niżu Polskim i w Krainie Śląskiej wynosi około 25 mg/m²/dobę SO₂ i 0,45 mg/m²/dobę NO_x.

Badanie stabilności borów sosnowych na Niżu Polskim, na podstawie analizy rzeczywistego i modelowego tempa wzrostu wysokości drzew próbnych, pozwoliło wyznaczyć okresy destabilizacji oraz związane z nimi cykle przyspieszonego i spowolnionego tempa wzrostu, a także zakres zmian średniego rocznego procentu przyrostu wysokości w każdym cyklu. Największa liczba zmian trendu (5) wystąpiła w obiektach: Włoszakowice, Żołędowo i Sieraków. W południowo-zachodniej części Niżu Polskiego (Nadleśnictwo Włoszakowice, obręb Wschowa) czas pierwszych reakcji drzew na chemiczne skażenie badanego środowiska obejmował lata 1934–1956 (okres początkowej, dwukrotnej zmiany trendu dla drzew próbnych 3 klasy Uricha). W obiekcie kontrolnym na wschodzie kraju pierwsza reakcja wzrostowa polegająca na przyspieszeniu tempa wzrostu wysokości drzew wystąpiła dopiero w latach 1980–1993 (Miś 2008).

Badanie stabilności borów sosnowych na Niżu Polskim metodą retrospekcji stanu drzewostanów wykazało (test NIR), że w każdej z czterech analizowanych klas wieku większość cech taksacyjnych drzewostanów sosnowych obiektu kontrolnego istotnie różni się od cech drzewostanów w pozostałych obiektach (zwłaszcza wysokość i pierśnica drzew, a w mniejszym stopniu zasobność i zadrzewienie). Źródłem zmienności cech taksacyjnych drzewostanów (tej samej podklasy wieku) położonych w zachodniej części kraju jest specyfika kompleksu czynników antropogenicznych wynikająca z położenia obiektu (w granicach tej samej strefy klimatu Wielkich Dolin).

Badanie stabilności borów sosnowych Puszczy Noteckiej metodą retrospekcji stanu drzewostanów w kolejnych 10-letniach potwierdziło hipotezę o braku stałości wybranych cech taksacyjnych wewnątrz tych samych podklas wieku. Cechy te dla kolejnych okresów różnią się istotnie (np. zwiększa się z czasem przeciętna wysokość drzew i bonitacja drzewostanów). Świadczy to o eutrofizacji siedlisk leśnych pod wpływem oddziaływania czynników klimatycznych i antropogenicznych (ryc. 2).



Ryc. 2. Średnie wysokości drzew (m) w kolejnych dziesięcioleciach (I–V) wg podklas wieku (Ia–VI) w Obrębie Drawsko

Fig. 2. Mean tree heights (m) in consecutive decades (I–V) according to age subclasses (Ia–VI) in Drawsko Working Circle

Badania relacji pomiędzy produktywnością a stabilnością drzewostanów wykazały, że wysoki poziom produkcji drewna w drzewostanach sosnowych wzrastających na odpowiednich siedliskach nie stoi w sprzeczności z ich stabilnością. Potwierdzono hipotezę, że wraz ze wzrostem produktywności (przyrost bieżący, przyrost przeciętny, zasobność na 1 ha) wzrasta ich stabilność całkowita (zmniejsza się numer klasy stabilności).

Na relację pomiędzy produktywnością a stabilnością dużej grupy drzewostanów sosnowych decydujący wpływ mają zdarzenia o charakterze kłeskowym. Dowodzą tego między innymi wyniki analiz statystycznych wykonane w poszczególnych obiektach, np. wyniki dla roku 2006 (przed huraganem) i roku 2007 (po huraganie) w Nadleśnictwie Przedbórz (tab. 3).

Tab. 3. Przykład: współczynniki korelacji między produktywnością a stabilnością całkowitą drzewostanów (Stępień 1988) dla klas wieku i grup bonitacyjnych w Nadleśnictwie Przedbórz
Table 3. Example: correlation coefficients between productivity and stand overall stability (Stępień 1988) for age classes and stand quality groups in Przedbórz Forest District

Grupy bonitacyjne / Quality group	Produkcyjność / Production	Klasy wieku / Age classes											
		I		II		III		IV		V		VI	
		2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
B1	V	-0,42	-0,19	0,17	-0,05	-0,15	-0,38	-0,11	-0,35	-0,46	-0,56	-0,39	-0,60
	ZB	-0,39	0,06	-0,34	-0,40	-0,28	-0,42	-0,23	-0,37	-0,61	-0,54	-0,40	-0,73
	ZP	-0,44	-0,24	-0,05	-0,23	-0,22	-0,40	-0,16	-0,33	-0,58	-0,50	-0,40	-0,71
B2	V	0,40	-0,57	0,07	-0,02	-0,35	-0,47	-0,50	-0,58	-0,46	-0,56	-0,31	-0,43
	ZB	0,54	-0,19	-0,65	-0,68	-0,52	-0,65	-0,59	-0,65	-0,54	-0,56	-0,27	-0,39
	ZP	0,27	-0,51	-0,13	-0,23	-0,45	-0,57	-0,55	-0,63	-0,50	-0,54	-0,27	-0,39

Kolor czerwony: korelacja istotna z prawdopodobieństwem $p < 0,05$, *red colour – correlation significant with $p < 0,05$* ; V – zasobność (m^3/ha), *volume (m^3/ha)*; ZB – przyrost bieżący miąższości ($m^3/ha/rok$), *current increment of volume ($m^3/ha/year$)*; ZP – przyrost przeciętny miąższości ($m^3/ha/rok$), *average increment of volume ($m^3/ha/year$)*; B1 – drzewostany wysokoprodukcyjne (bonitacje Ia, Ia/I i I), *stands with high production (bonitation Ia, Ia/I i I)*; B2 – inne drzewostany, *other stands*.

Podsumowanie

Badania nad wpływem kompleksu czynników antropogenicznych i klimatycznych na stabilność świeżych borów sosnowych Niżu Polskiego zrealizowano przed wdrożeniem do praktyki gospodarczej zasad wielkoobszarowej inwentaryzacji, umożliwiającej permanentną analizę stanu lasów na dużych obszarach. Zastosowana w badaniach metodologia i uzyskane wyniki mogą być, pomimo upływu czasu, przydatne Lasom Państwowym do tworzenia systemu analizowania rezultatów inwentaryzacji wielkoobszarowej także pod kątem stabilności lasów dla wybranych regionów lub obszarów szczególnie ważnych w gospodarce leśnej. W przyszłych badaniach stabilności lasu wskazane jest całościowe, systemowe ocenianie tendencji zmian w dynamice lasu uwzględniające stan głównych elementów biocenozy. Na zmiany trendów w rozwoju świeżych borów sosnowych na Niżu Polskim oraz w Krainie Śląskiej wpływ miały przede wszystkim czynniki antropogeniczne, zwłaszcza zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego oraz globalne zmiany klimatyczne. Doświadczalnictwo leśne (zwłaszcza w hodowli lasu), powinno uwzględniać w badaniach aktualne tendencje dynamiczne zmian tych czynników. Również aktualizacja danych Systemu Informatycznego Lasów Państwowych na poziomie nadleśnictwa powinna brać je pod uwagę.

Badania zrealizował zespół: Władysław Danielewicz, Jan Głaz, Ignacy Korczyński, Jan Kukuła, Małgorzata Mańka, Ryszard Miś (kier.), Grzegorz Rączka, Antoni Sienkiewicz, Paweł Sienkiewicz, Paweł Strzełiński, Wojciech Szwed, Andrzej Węgiel, Stanisław Zajączkowski, Jacek Zientarski.

Literatura

- Danielewicz W., Szwed W. 1995. Fitocenozy borów świeżych. Formy degeneracji roślinności. W: Miś R., (red.), Wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niżu Polskiego. Warszawa – Poznań: 34–53.
- Jaszczak R. 1998. Ocena zmian cech biometrycznych drzewostanów sosnowych Puszczy Zielonki pod wpływem emisji miejsko-przemysłowych. Roczn. AR Poznań, Leśn. 36.
- Korczyński I., Sienkiewicz P. 2008. Zgrupowania epigeicznych owadów. W: Miś R. (red.), Wpływ kompleksu czynników antropogenicznych i klimatycznych na środowisko świeżych borów sosnowych Niżu Polskiego. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa – Poznań: 53–74, 101–111.
- Magnuski K. 1998. Aktualne zagrożenia ekosystemów leśnych Puszczy Zielonka i metody ich określania. W: Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza i innych polutantów na las. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- Magnuski K. 1990. Chemizacja gleby i roślin oraz przyrost drzewostanów w warunkach średnich skażeń z uprzemysłowionej aglomeracji miejskiej. Podprogram CPBP 04.10.07. Synteza nr II. T. 24. Wyd. SGGW-AR, Warszawa: 131–144.
- Magnuski K., Sienkiewicz A. 1989. Stan i prognoza zagrożenia lasów Puszczy Zielonka przez zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. W: Wpływ gospodarki leśnej na środowisko. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- Magnuski K., Sienkiewicz A. 1990. Przyrost średniowiekowych drzewostanów sosnowych Puszczy Zielonka w warunkach nasilających się emisji przemysłowych. W: Ocena zasobów leśnych w ekosystemach zagrożonych. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- Magnuski K., Sienkiewicz A. 1993. Wpływ średnich skażeń z uprzemysłowionej aglomeracji miejskiej na niektóre części składowe ekosystemu leśnego. Pr. Inst. Bad. Leś., ser. B, nr 15, Warszawa: 152–164.
- Magnuski K., Sienkiewicz A., Jaszczak R. 1992. Przyrost drzewostanów sosnowych w warunkach średnich skażeń z uprzemysłowionej aglomeracji miejskiej. Roczn. AR Poznań, Leśn., 30.
- Magnuski K., Żółciak., Sienkiewicz A., Gałązka S., 1990. Chemizacja gleby i roślin oraz przyrost drzewostanów w warunkach średnich skażeń z uprzemysłowionej aglomeracji miejskiej. W: Reakcja ekosystemów leśnych i ich elementów składowych na antropopresję. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- Mańka M. 2008. Zbiorowiska grzybów w środowisku glebowym. W: Miś R. (red.), Wpływ kompleksu czynników antropogenicznych i klimatycznych na środowisko świeżych borów sosnowych Niżu Polskiego. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa – Poznań: 46–53, 98–101.
- Miś R. 1992. Regulacja produkcji drewna w zagrożonych ekosystemach leśnych. Podprogram CPBP 04.10. Synteza nr III. Wyd. SGGW-AR, Warszawa: 100–107.
- Miś R. 1994. Effect of industrial air pollution on height growth and quality of Scott pine (*Pinus sylvestris* L.). In: Growth trends of European forests. Working Paper 4, p. 43. European Forest Institute. Joensuu.
- Miś R. 1995a. Założenia metodyczne, obiekt badań i charakterystyka materiału badawczego. Dynamika zmian poziomu zanieczyszczeń przemysłowych. Wzrost wysokości drzew. W: Miś R. (red.), Wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niżu Polskiego. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 13–20, 138–161, 195–205.

- Miś R. 1995b. Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń powietrza na wzrost wysokości i jakość sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Sylwan 1: 87–97.
- Miś R. 1997. Prawdopodobieństwo przeżycia drzewostanów w strefach uszkodzeń przemysłowych. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa. Seria B, 33: 19–29.
- Miś R. 1999. Modelling of forest environment and functions of the forest. W: Melioracje i inżynieria środowiska. Roczn. AR Pozn. CCCX, cz. I: 267–276.
- Miś R. (2003). Charakterystyka zmian w stanie lasów Puszczy Noteckiej. Sylwan 6: 34–46.
- Miś R. (2004). Problematyka stabilności ekosystemowej w rozwoju lasu wyłączanego z gospodarki leśnej. Sylwan 6: 30–37.
- Miś R. (2005). Regulacja rozwoju lasu. W: Ważyński B. (red.), Poradnik zarządzania lasu. Wydawnictwo Świat, Warszawa: 301–325.
- Miś R. (2007). Teoretyczne podstawy oceny stabilności lasu jako ekosystemu. Czynniki warunkujące stabilność lasu. Reakcja ekosystemów leśnych na antropopresję. Miary i oceny stabilności lasu. W: Urządzenie lasów wielofunkcyjnych. Wyd. AR Pozn. Wyd. II rozszerz.: 48–82.
- Miś R. (2008). Koncepcja i cele badań. Wybór obiektu badań i jego charakterystyka. Metody, powierzchnie badawcze, materiał badawczy. Zbiorowiska roślinne. Przejawy stabilności i zakłóceń procesu wzrostu drzew i drzewostanów. W: Miś R. (red.), Wpływ kompleksu czynników antropogenicznych i klimatycznych na środowisko świeżych borów sosnowych Niżu Polskiego. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa – Poznań: 5–23, 32–46, 95–97, 129–175.
- Miś R., Rączka G. 2008. Wzrost wysokości drzew. W: Miś R. (red.), Wpływ czynników antropogenicznych i klimatycznych na środowisko świeżych borów sosnowych Niżu Polskiego. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa – Poznań: 130–141.
- Miś R., Rączka G., Strzeliński P., Sugiero D., Węgiel A. 2010. Relacje pomiędzy ilością i jakością produkcji drewna oraz stabilnością drzewostanów sosnowych. Projekt badawczy wykonany w latach 2007–2010 we współpracy z Wydziałem Leśnym SGGW-AR pod kierunkiem prof. dr. hab. Edwarda Stępnia, zrealizowany na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych. Dokumentacja.
- Prusinkiewicz Z. 1994. Leksykon ekologiczno-gleboznawczy. PWN. Warszawa.
- Rączka G. 2005. Wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na wzrost wysokości sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w Krainie Śląskiej. Rozprawa doktorska wykonana w Katedrze Urządzania Lasu AR w Poznaniu.
- Rączka G. 2008. Analiza wybranych cech kompleksu czynników antropogenicznych i klimatycznych Niżu Polskiego. W: Miś R. (red.), Wpływ kompleksu czynników antropogenicznych i klimatycznych na środowisko świeżych borów sosnowych Niżu Polskiego. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa – Poznań: 24–31.
- Sienkiewicz A. 1995. Budowa i właściwości gleb. Stopień degradacji gleb. W: Miś R. (red.), Wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niżu Polskiego. Fundacja Rozwój SGGW: 21–34, 105–128.
- Stępień E. 1988. Ocena stanu zasobów drzewnych w świetle współczesnej interpretacji zasady trwałości lasu. Rozprawa habilitacyjna. Wydawnictwo SGGW-AR.
- Stępień E. 1996. Metodyczne podstawy kompleksowej oceny stanu lasu. Sylwan, 10: 15–25.
- Stępień E., Jańczuk P. 2002. Koncepcja oceny stabilności drzewostanów na przykładzie wybranego obiektu leśnego. Acta Scientiarum Polonorum – Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 1(1): 87–100.

Węgiel A. 2008. Zmienność cech taksacyjnych drzewostanów sosnowych. W: Miś R. (red.), Wpływ kompleksu czynników antropogenicznych i klimatycznych na środowisko świeżych borów sosnowych Niżu Polskiego. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa – Poznań: 120–128.

Ryszard Miś

Katedra Urządzania Lasu; Wydział Leśny; Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
misr@up.poznan.pl