

ANDRZEJ WĘGIEL

Porównanie zmienności cech taksacyjnych drzewostanów sosnowych pomiędzy obszarami różniącymi się poziomem zanieczyszczeń przemysłowych na Niżu Polskim*

Comparison of the variability of pine stand appraisal properties in areas with different levels of industrial pollution in the Polish Lowlands

ABSTRACT

Węgiel A. 2007. Porównanie zmienności cech taksacyjnych drzewostanów sosnowych pomiędzy obszarami różniącymi się poziomem zanieczyszczeń przemysłowych na Niżu Polskim. Sylwan 4: 26-35.

The paper contains the results of the analyses of four properties (average tree height, average dbh, standing volume, average stand volume growth) of pine stands growing on poor sites in the territory of the Polish Lowlands. The comparison of four relative values of the analysed properties among four 20-year age classes was performed. The obtained results were referred to the level of industrial pollution.

KEY WORDS

Pinus sylvestris, coniferous forests, industrial pollution, tree height, dbh, stand volume growth, standing volume, Polish Lowlands

ADDRESSES

Andrzej Węgiel – Katedra Urządzania Lasu; Akademia Rolnicza;
ul. Wojska Polskiego 71c; 60-625 Poznań; e-mail: weguel@au.poznan.pl

Wstęp

Niniejsze opracowanie jest częścią interdyscyplinarnych badań z zakresu fitosocjologii, fitopatologii, entomologii, gleboznawstwa, dendrochronologii, urządzania lasu i dziedzin pokrewnych, dotyczących wpływu długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niżu Polskiego. Projekt prowadzony jest od 1993 roku przez kilka jednostek badawczych, a koordynowany przez prof. Ryszarda Misia z Katedry Urządzania Lasu Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu [Danielewicz, Szwed 1995; Głaz i in. 1995; Głaz, Zajączkowski 1995; Miś 1995a, 1997, 1999; Sienkiewicz 1995].

Inspiracją do zrealizowania niniejszej pracy była obserwacja, że różne cechy drzewostanów sosnowych mają taki rozkład przestrzenny, który pozwala wyraźnie wyróżnić regiony (obejmujące po kilka nadleśnictw) charakteryzujące się większymi lub mniejszymi wartościami poszczególnych cech. Powodem tych różnic może być zróżnicowanie warunków siedliskowych, klimatycznych bądź inne czynniki oddziałujące na te drzewostany.

Przyjęto założenie, że pomimo dużych różnic średnich wartości analizowanych cech drzewostanów pomiędzy poszczególnymi obiektami, ich względny poziom powinien być raczej niezmienny we wszystkich klasach wieku tego samego obiektu (nadleśnictwa). Natomiast,

* Badania wykonano w ramach projektu nr 3 PO6L 03623 pt. „Wpływ czynników antropogenicznych na środowisko leśne świeżych borów sosnowych Niżu Polskiego” finansowanego przez KBN

jeżeli tak nie jest, to możliwe że występuje jakiś czynnik lub kompleks czynników zakłócający wzrost drzewostanów (okresowo zmieniający ich tempo wzrostu). Takim czynnikiem zakłócającym mogą być zanieczyszczenia przemysłowe. Dlatego przyjęto hipotezę, że nadleśnictwa poddane wyższej dawce zanieczyszczeń, powinny wykazywać większą zmienność względnej wartości danej cechy, pomiędzy klasami wieku, od drzewostanów w mniejszym stopniu narażonych na to oddziaływanie.

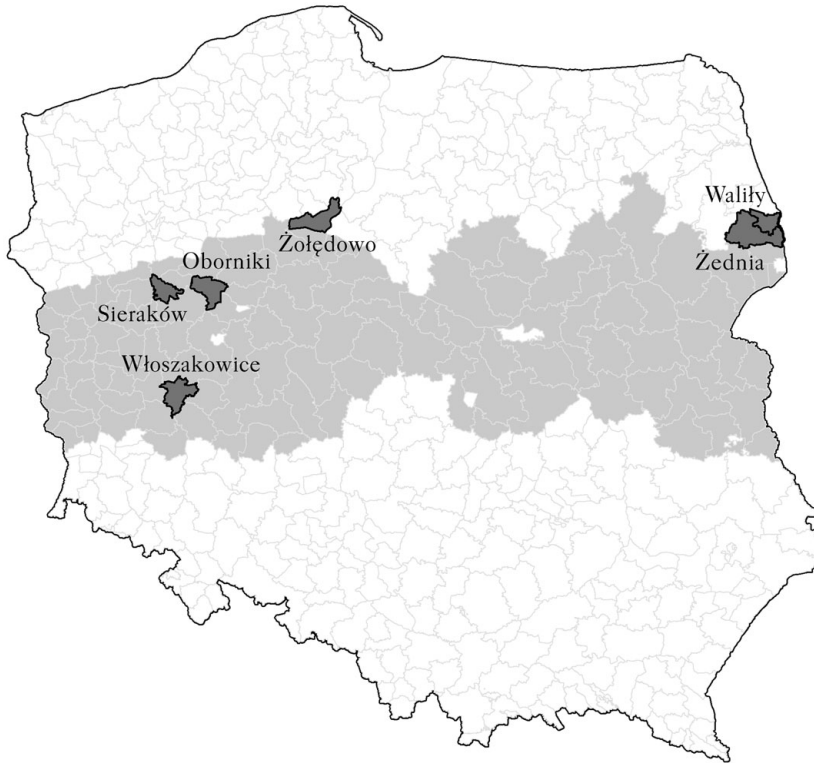
Celem niniejszej pracy było określenie zmienności pomiędzy klasami wieku wybranych cech taksacyjnych drzewostanów sosnowych występujących na siedlisku boru świeżego i sprawdzenie czy zmienność ta jest bezpośrednio związana ze średnim poziomem zanieczyszczeń przemysłowych. Jako miarę zmienności przyjęto względną wartość określonej cechy odniesioną do zróżnicowania występującego we wszystkich drzewostanach na obszarze Niżu Polskiego. Praca zmierzała także do określenia przydatności przyjętej względnej miary do diagnozowania zakłóceń występujących w środowisku leśnym.

Material i metody

Analizy drzewostanów przeprowadzono na podstawie danych udostępnionych przez Lasy Państwowe, dotyczące elementów taksacyjnych drzewostanów dla 118 nadleśnictw zlokalizowanych na obszarze Niżu Polskiego. Sześć spośród tych jednostek (Włoszakowice, Sieraków, Oborniki, Żołędowo, Wąliły, Żednia), różniących się średnim poziomem zanieczyszczeń powietrza, zostało wybrane jako obiekty szczegółowych porównań. Są to nadleśnictwa, w których zlokalizowane są serie stałych powierzchni badawczych, wykorzystywane do określania wpływu czynników antropogenicznych na środowisko leśne borów świeżych [Miś 1995b]. Przeciętne wielkości suchej depozycji dwutlenku siarki ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{dobę}$) oraz wskaźnika W ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{dobę}$) w sezonach letnich i grzewczych, dla lat 1988-1993, w badanych obiektach, zawiera publikacja Misia [2007]. Pod względem poziomu zanieczyszczeń powietrza, obiekty te tworzą szereg o malejącym poziomie dwutlenku siarki (średnia dla sezonów letnich 1988-1992, w $\text{mg}/\text{m}^2/\text{dobę}$): Włoszakowice (15,096), Sieraków (9,300), Oborniki (8,284), Żołędowo (3,615), Wąliły i Żednia (2,279).

W celu przeprowadzenia analiz cech taksacyjnych drzewostanów sosnowych połączono dane przestrzenne w postaci mapy numerycznej granic nadleśnictw Lasów Państwowych w Polsce z danymi opisowymi dla drzewostanów sosnowych na obszarze Niżu Polskiego. Platformą programową do wykonywania tego zadania był pakiet ArcGis (wersja 8.2). Dane przestrzenne stanowiły warstwę o charakterze poligonów, w której poszczególne obiekty posiadały jednoznaczny identyfikator, umożliwiający integrację z bazą danych opisowych. Przebieg granicy Niżu Polskiego wytyczono zgodnie z wcześniejszymi opracowaniami [Miś 1995b], modyfikując ją tak, aby przebiegała po granicach nadleśnictw (ryc. 1). Bazę danych opisowych utworzono na podstawie leśnych baz Systemu Informatycznego Lasów Państwowych (SILP) poszczególnych nadleśnictw, ograniczając jej zakres jedynie do wybranych informacji. Do analiz wyselekcjonowano jednopiętrowe, lite drzewostany sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) występujące w typie siedliskowym lasu – bór świeży (Bśw), w wieku 21-100 lat. Dane dotyczące pozostałych drzewostanów nie były brane pod uwagę. W ten sposób dla wszystkich 118 nadleśnictw Niżu Polskiego wybrano 116 809 drzewostanów o łącznej powierzchni 453 578,50 ha. Przeciętna wielkość analizowanych obiektów wynosiła 3,85 ha. Na jedno nadleśnictwo przypadało blisko tysiąc drzewostanów spełniających zadane kryteria.

Spośród dostępnych w bazie danych informacji, do badań wytypowano cztery cechy drzewostanów: przeciętną wysokość drzew, przeciętną pierśnicę drzew, zasobność drzewostanu,



Ryc. 1.

Lokalizacja 6 obiektów badań (nadleśnictw) różniących się poziomem emisji zanieczyszczeń powietrza na obszarze Niżu Polskiego

Location of 6 study sites (Forest Districts) differing in the level of air pollution in the territory of the Polish Lowlands

przyrost przeciętny miąższości drzewostanu. Dane te zostały zebrane dla poszczególnych nadleśnictw podczas prac urzędniowych, w wyniku pomiarów wykonanych bezpośrednio w lesie, dla każdego drzewostanu oddzielnie. Liczba wyselekcjonowanych drzewostanów w sześciu wybranych nadleśnictwach wynosiła od 292 do 1019.

Aby uzyskać wartości względne dla czterech cech drzewostanów, przeprowadzono ich klasyfikowanie. Dla każdej cechy obliczono jej średnią arytmetyczną w poszczególnych nadleśnictwach, a następnie średnie te przydzielono do stopni o numerach od 1 do 10. Stopnie zostały utworzone przez uszeregowanie obliczonych wartości średnich i podział ich na 10 przedziałów o jednakowej liczebności. Najmniejsze wartości średnich znalazły się w stopniu 1, kolejne stopnie zawierały wartości coraz większe, aż do ostatniego 10. Klasyfikację taką przeprowadzono oddzielnie dla czterech klas wieku: II (21-40 lat), III (41-60 lat), IV (61-80 lat) i V (81-100 lat). W ten sposób mogły być ze sobą porównywane drzewostany w różnym wieku, mimo że w oczywisty sposób różniły się wartościami bezwzględnymi analizowanych cech. Po klasyfikacji dla wszystkich 118 nadleśnictw Niżu Polskiego, porównywano zmienność utworzonych stopni pomiędzy klasami wieku w badanych sześciu obiektach.

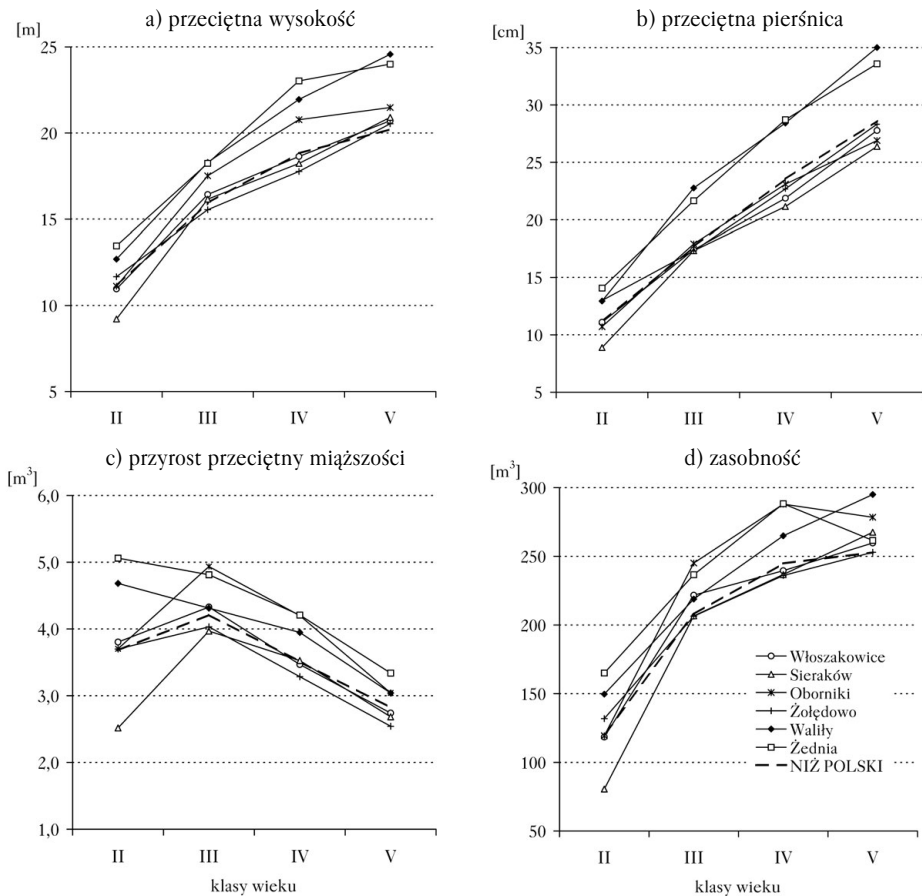
Do określenia zmienności w obrębie stopni, pomiędzy klasami wieku, obliczono następujące parametry: średnią arytmetyczną stopni z czterech klas wieku, odchylenie standar-

dowe, rozstęp (różnicę pomiędzy największym i najmniejszym stopniem) oraz sumę różnic (ich wartości bezwzględnych) pomiędzy poszczególnymi stopniami.

Dla średnich wartości poszczególnych cech, ich odchyłeń standardowych oraz wartości względnych w postaci stopni, przeprowadzano wizualizację przestrzenną danych. W tym celu uzyskane wyniki analiz łączono relacjami z obiektami na mapie nadleśnictw Niżu Polskiego i generowano dla nich odpowiednie mapy tematyczne.

Wyniki

PRZECIĘTNA WYSOKOŚĆ DRZEW. Średnie dla nadleśnictw z przeciętnych wysokości drzew, zgodnie z oczekiwaniem, we wszystkich sześciu analizowanych obiektach zwiększały się wraz z wiekiem. Najwyższe wysokości zanotowano w Waliłach i Żedni, średnie w Obornikach, a najniższe w Sierakowie, Włoszakowicach i Żołędowie (ryc. 2). Średnie wysokości dla wszystkich nadleśnictw Niżu Polskiego wynosiły: II klasa wieku – 11,1 m, III klasa wieku – 15,9 m,



Ryc. 2.

Średnie wartości czterech cech drzewostanu: przeciętna wysokość drzew, przeciętna pierśnica drzew, przyrost przeciętny miąższości drzewostanu i zasobność drzewostanu dla 6 analizowanych obiektów oraz dla całego Niżu Polskiego

Average values of four stand properties: average tree height, average dbh, average stand volume growth and standing volume for 6 analysed sites and for the entire Polish Lowlands

IV klasa wieku – 18,8 m, V klasa wieku – 20,2 m. W piątej klasie wieku wszystkie 6 nadleśnictw miało przeciętną wysokość drzew wyższą od średniej dla całego Niżu Polskiego.

Wyniki klasyfikacji średnich arytmetycznych przeciętnej wysokości drzew dla 6 badanych obiektów przedstawia tabela. Największe zróżnicowanie wykazał Sieraków, którego drzewostany ze względu na wysokość trafiały do stopni w zakresie od 1 do 8. Oborniki obejmowały zakres od 5 do 10 stopnia, Żołędowo od 3 do 7 stopnia, a Włoszakowice od 5 do 7 stopnia. Żednia we wszystkich klasach wieku uzyskała stopień 10, podobnie Waliły, z wyjątkiem drugiej klasy wieku, gdzie osiągnęły stopień 9.

Charakterystykę zmienności w obrębie stopni, pomiędzy klasami wieku, dla przeciętnej wysokości drzew przedstawia druga część tabeli. Najmniejszą średnią ze stopni dla czterech klas wieku miały Sieraków (4,8) i Żołędowo (5,5), a największą Waliły (9,8) i Żednia (10,0). Największą sumę różnic posiadał Sieraków (23), a najmniejszą Żednia (0).

Tabela.

Wyniki 10-stopniowej klasyfikacji czterech cech drzewostanów (przeciętna wysokość drzew, przeciętna pierśnica drzew, przyrost przeciętny miąższości drzewostanu i zasobność drzewostanu) w 4 klasach wieku oraz ich charakterystyka zmienności

Results of a 10-degree classification of four properties (average tree height, average dbh, average stand volume growth, standing volume) of stands in four age classes and their variability characteristics

Obiekt	Numery stopni w klasach wieku				Charakterystyka zmienności stopni			
	II 21-40	III 41-60	IV 61-80	V 81-100	średnia arytm.	odchylenie standard.	rozstęp	suma różnic
Przeciętna wysokość drzew								
Włoszakowice	5	7	5	7	6,0	1,15	2	8
Sieraków	1	6	4	8	4,8	2,99	7	23
Oborniki	5	9	10	9	8,3	2,22	5	15
Żołędowo	7	5	3	7	5,5	1,91	4	14
Waliły	9	10	10	10	9,8	0,50	1	3
Żednia	10	10	10	10	10,0	0,00	0	0
Przeciętna pierśnica drzew								
Włoszakowice	5	5	3	6	4,8	1,26	3	9
Sieraków	1	5	2	3	2,8	1,71	4	13
Oborniki	4	7	5	5	5,3	1,26	3	9
Żołędowo	9	5	5	6	6,3	1,89	4	13
Waliły	9	10	10	10	9,8	0,50	1	3
Żednia	10	10	10	10	10,0	0,00	0	0
Przyrost przeciętny miąższości drzewostanu								
Włoszakowice	6	7	6	4	5,8	1,26	3	9
Sieraków	1	4	6	4	3,8	2,06	5	15
Oborniki	6	10	10	8	8,5	1,91	4	14
Żołędowo	6	4	4	3	4,3	1,26	3	9
Waliły	10	7	9	8	8,5	1,29	3	10
Żednia	10	9	10	10	9,8	0,50	1	3
Zasobność drzewostanu								
Włoszakowice	5	8	5	6	6,0	1,41	3	10
Sieraków	1	6	5	7	4,8	2,63	6	19
Oborniki	5	10	10	9	8,5	2,38	5	16
Żołędowo	8	5	4	5	5,5	1,73	4	12
Waliły	10	7	8	10	8,8	1,50	3	11
Żednia	10	9	10	7	9,0	1,41	3	10

PRZECIĘTNA PIERŚNICA DRZEW. Średnie pierśnice drzew, podobnie jak średnie wysokości, we wszystkich sześciu analizowanych obiektach zwiększały się wraz z wiekiem. Nadleśnictwa Waliły i Żednia osiągały wartości największe, znacznie przekraczając średnią dla całego Niżu Polskiego. Pozostałe 4 nadleśnictwa nie różniły się znacznie średnimi pierśnicami i oscylowały w pobliżu średniej dla Niżu Polskiego (ryc. 2). Średnie pierśnice dla wszystkich nadleśnictw Niżu Polskiego wynosiły: II klasa wieku – 11,1 cm, III klasa wieku – 17,7 cm, IV klasa wieku – 23,5 cm, V klasa wieku – 28,6 cm.

Wyniki klasyfikacji średnich arytmetycznych przeciętnej pierśnicy drzew dla sześciu badanych obiektów, z podziałem na 4 klasy wieku przedstawia tabela. Największe zróżnicowanie wykazały dwa obiekty: Żołędowo, o zakresie od 4 do 9 i Sieraków o zakresie od 1 do 5. Oborniki obejmowały zakres od 4 do 7 stopnia, a Włoszakowice od 3 do 6 stopnia. Natomiast Waliły od 9 do 10, a Żednia we wszystkich klasach osiągnęła 10 stopień.

Charakterystykę zmienności w obrębie stopni, pomiędzy klasami wieku, dla przeciętnej pierśnicy drzew przedstawia druga część tabeli. Najmniejszą średnią ze stopni dla czterech klas wieku miał Sieraków (2,8), a największą Waliły (9,8) i Żednia (10,0). Największą sumę różnic miały Żołędowo (13) i Sieraków (13), a najmniejszą Żednia (0).

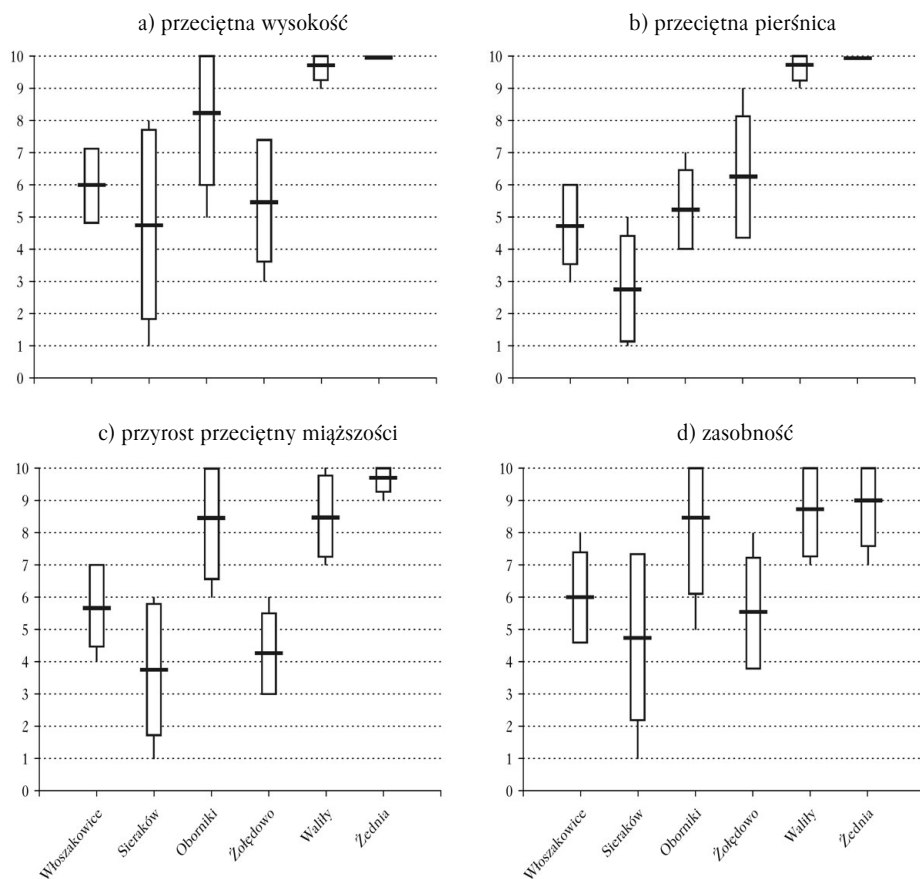
ZASOBNOŚĆ DRZEWOSTANU. Średnia zasobność drzewostanów, podobnie jak średnie pierśnice i wysokości drzew, we wszystkich sześciu analizowanych obiektach zwiększała się wraz z wiekiem. Jednak tempo tych zmian było największe między II i III klasą i malało w kolejnych klasach wieku. W odniesieniu do średniej zasobności nie było wyraźnych różnic pomiędzy nadleśnictwami. Średnie zasobności dla wszystkich nadleśnictw Niżu Polskiego wynosiły: II klasa wieku – 120 m³/ha, III klasa wieku – 208 m³/ha, IV klasa wieku – 245 m³/ha, V klasa wieku – 253 m³/ha.

Wyniki klasyfikacji średnich arytmetycznych zasobności drzewostanu dla sześciu badanych obiektów, z podziałem na 4 klasy wieku przedstawia tabela i rycina 3. Największe zróżnicowanie wykazał Sieraków, którego drzewostany ze względu na zasobność trafiały do stopni w zakresie od 1 do 7. Oborniki obejmowały zakres od 5 do 9 stopnia, Żołędowo od 4 do 8 stopnia, Włoszakowice od 5 do 8 stopnia, Waliły i Żednia od 7 do 10 stopnia.

Charakterystykę zmienności w obrębie stopni, pomiędzy klasami wieku, dla zasobności drzewostanu przedstawia druga część tabeli. Najmniejszą średnią ze stopni dla czterech klas wieku miał Sieraków (4,8), a największą Żednia (9,0). Największą sumą różnic charakteryzował się Sieraków (19), a najmniejszą Włoszakowice i Żednia (10).

PRZYROST PRZECIĘTNY MIĄŻSZOŚCI DRZEWOSTANU. Przyrost przeciętny miąższości drzewostanów w większości nadleśnictw osiągał największe wartości w III klasie wieku, nieco mniejsze w II i IV klasie, a najmniejsze w V klasie wieku. Nieco inaczej przebiegało to w nadleśnictwach Waliły i Żednia, gdzie największe wartości występowały w II klasie wieku. Największymi przyrostami charakteryzowały się Oborniki i Żednia, a najmniejszymi Sieraków i Żołędowo. Średnie zasobności dla wszystkich nadleśnictw Niżu Polskiego wynosiły: II klasa wieku – 3,7 m³/ha/rok, III klasa wieku – 4,2 m³/ha/rok, IV klasa wieku – 3,5 m³/ha/rok, V klasa wieku – 2,8 m³/ha/rok.

Wyniki klasyfikacji średnich arytmetycznych zasobności drzewostanu dla sześciu badanych obiektów, z podziałem na 4 klasy wieku przedstawia tabela. Największe zróżnicowanie wykazał Sieraków, którego drzewostany ze względu na przyrost przeciętny trafiały do stopni w zakresie od 1 do 6. Oborniki obejmowały zakres od 6 do 10 stopnia, natomiast Włoszakowice od 4 do 7 stopnia, Żołędowo od 3 do 6 stopnia, Waliły od 7 do 10, Żednia od 9 do 10 stopnia (ryc. 4).



Ryc. 3.

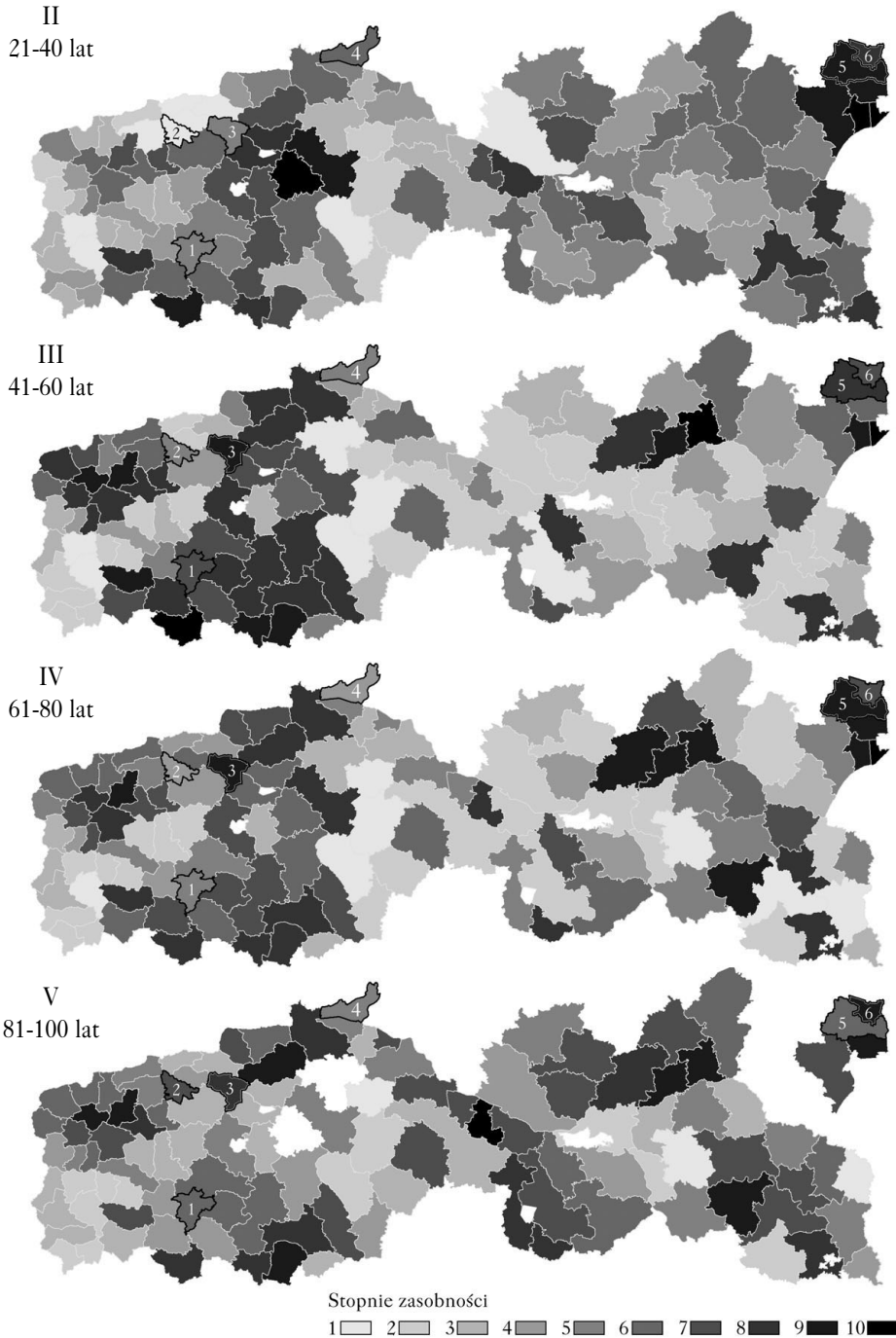
Charakterystyka zmienności (średni stopień, odchylenie standardowe, rozstęp) czterech cech drzewostanu w postaci 10-stopniowej klasyfikacji, dla 6 analizowanych obiektów

Variability characteristics (average degree, standard deviation, interval) of four properties of stands in 6 analysed sites according to a 10-degree classification

Charakterystykę zmienności w obrębie stopni, pomiędzy klasami wieku, dla zasobności drzewostanu przedstawia druga część tabeli. Najmniejszą średnią ze stopni dla czterech klas wieku miał Sieraków (4,8), a największą Żednia (9,8). Największą sumą różnic charakteryzował się Sieraków (15), a najmniejszą Żednia (3).

POZIOM ZANIECZYSZCZEŃ PRZEMYSŁOWYCH. Największe wartości względne, wyrażone średnim stopniem, dla wszystkich czterech analizowanych cech osiągały nadleśnictwa o najmniejszym poziomie zanieczyszczeń: Wałity i Żednia. Jednak w pozostałych obiektach pozycja w klasyfikacji nie była całkowicie zgodna z poziomem zanieczyszczeń. Dla przeciętnej wysokości, pierśnicy i zasobności najniżej klasyfikowany był Sieraków, chociaż charakteryzował się znacznie niższym poziomem emisji tlenu siarki niż Włoszakowice. Natomiast najmniejsze przyrosty przeciętne osiągały drzewostany Żółędowa, obiektu sklasyfikowanego na czwartej pozycji w szeregu według rosnących dawek zanieczyszczeń powietrza.

Najmniejszą zmiennością, wyrażoną sumą różnic pomiędzy stopniami, charakteryzowały się nadleśnictwa Wałity i Żednia. Cecha ta może świadczyć o najmniej zakłóconym procesie



Ryc. 4.

Wyniki 10-stopniowej klasyfikacji nadleśnictw Nizy Polskiego ze względu na średnią zasobność drzewostanu w czterech klasach wieku

Results of a 10-degree classification of the Polish Lowlands Forest Districts with regard to standing volume in four age classes

wzrostu. Największą zmiennością charakteryzował się Sieraków. Zastanawiająca natomiast była stosunkowo mała zmienność we Włoszakowicach, obiekcie o najwyższym poziomie zanieczyszczeń przemysłowych.

Wnioski

W wyniku przeprowadzonych analiz czterech cech drzewostanów sosnowych (przeciętna wysokość drzew, przeciętna pierśnica drzew, zasobność drzewostanu, przyrost przeciętny miąższości drzewostanu) występujących na siedlisku boru świeżego, na obszarze Niżu Polskiego, sformułowano następujące wnioski:

- ✚ Wszystkie 118 analizowanych nadleśnictw, zgodnie z oczekiwaniem, wykazywało dużą stałość względnych wartości analizowanych cech pomiędzy klasami wieku, pomimo oczywistych różnic wartości bezwzględnych tych cech.
- ✚ Analizowane 6 obiektów, w odniesieniu do wszystkich nadleśnictw Niżu Polskiego, charakteryzowało się bardzo zróżnicowaną zmiennością. Zakresy stopni w czterech klasach wieku wahały się od 0-3 dla Walań i Żedni do 5-7 dla Sierakowa.
- ✚ Dwa obiekty charakteryzujące się najmniejszym poziomem zanieczyszczeń (Walań i Żednia) wykazywały największe wartości bezwzględne analizowanych cech i jednocześnie najmniejszą zmienność pomiędzy klasami wieku.
- ✚ Najmniejsze wartości bezwzględne analizowanych cech najczęściej wykazywały dwa obiekty znacznie różniące się poziomem zanieczyszczeń powietrza (Sieraków i Żółędowo).
- ✚ Największą zmiennością stopni pomiędzy klasami wieku, wyrażoną za pomocą sumy różnic dla wszystkich czterech cech charakteryzował się Sieraków, obiekt uszeregowany na drugim miejscu pod względem poziomu zanieczyszczeń.
- ✚ Włoszakowice to obiekt o zmienności najbardziej odbiegającej od oczekiwanej. Był to obiekt zlokalizowany w strefie o najwyższym poziomie zanieczyszczeń przemysłowych, a jego zmienność wyrażona za pomocą sumy różnic była stosunkowo niska, w przypadku zasobności drzewostanu nawet porównywalna do zmienności występującej w Walańach i Żedni.
- ✚ Uzyskano stosunkowo dużą zbieżność zastosowanych wskaźników zmienności pomiędzy poszczególnymi cechami. Najsilniejszą korelacją ($k=0,90$) charakteryzowały się sumy różnic dla przeciętnej pierśnicy i przeciętnej wysokości. Może to świadczyć o ich nieprzypadkowym charakterze i ewentualnych możliwościach zastosowania tych wskaźników do porównań cech drzewostanów różniących się poziomem, a wyrażonych w różnych jednostkach.

Podziękowania

Autor składa serdeczne podziękowania Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych w Warszawie za zgodę na wykorzystanie danych dotyczących drzewostanów sosnowych dla nadleśnictw zlokalizowanych na obszarze Niżu Polskiego oraz Instytutowi Badawczemu Leśnictwa w Warszawie za przygotowanie tych danych.

Literatura

- Danielewicz W., Szwed W. 1995. Formy degeneracji roślinności. W: R. Miś [red.]. Wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niżu Polskiego. Fundacja „Rozwój SGGW”. 129-134.
- Głaz J., Miś R., Zientarski J. 1995. Jakość drzew. W: R. Miś [red.]. Wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niżu Polskiego. Fundacja „Rozwój SGGW”. 93-96.
- Głaz J., Zajączkowski S. 1995. Struktura wysokości i grubości drzew. W: R. Miś [red.]. Wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niżu Polskiego. Fundacja „Rozwój SGGW”. 53-65.
- Miś R. 1995a. Wzrost wysokości i grubości drzew. W: R. Miś [red.]. Wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niżu Polskiego. Fundacja „Rozwój SGGW”. 66-86.

- Miś R. 1995b. W: R. Miś [red.]. Wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niżu Polskiego. Fundacja „Rozwój SGGW”. 13-20.
- Miś R. 1997. Prawdopodobieństwo przeżycia drzewostanów w strefach uszkodzeń przemysłowych. Prace Inst. Bad. Leśn. Seria B. 33: 19-29.
- Miś R. 1999. Rate of tree height growth in conditions of fresh coniferous pine forest of the Polish Lowland. Sci. Pap. Agric. Univ. Pozn., Forestry 2: 99-114.
- Miś R. 2007. Wpływ kompleksu czynników antropogenicznych i klimatycznych na świeże bory sosnowe Niżu Polskiego w okresie 1973-2002. Sylwan (w druku).
- Sienkiewicz A. 1995. Stopień degradacji gleb. W: R. Miś [red.]. Wpływ długotrwałych zanieczyszczeń przemysłowych na środowisko leśne Niżu Polskiego. Fundacja „Rozwój SGGW”. 105-128.

SUMMARY

Comparison of the variability of pine stand appraisal properties in areas with different levels of industrial pollution in the Polish Lowlands

The aim of this study was to determine the variation of four properties among 20-year age classes of pine stands growing on poor sites and to find out if it is directly correlated to the level of industrial pollution. To determine this variability, relative values of the analysed properties in individual Forest Districts were assumed and referred to the differentiation of these properties in the entire Polish Lowland.

The analyses were carried out on the basis of the data for 116,809 stands, with a total area of 453,578.50 hectares, located in 118 Forest Districts. Six of these Districts (Włoszakowice, Sieraków, Oborniki, Żołędowo, Wałity and Żednia), differing in the average level of air contamination, were selected for detailed comparison (Fig. 1). The analyses of stands were performed on the basis of the data for four properties (average tree height, average dbh, average standing volume, average stand volume growth) of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. Relative values of individual properties of stands were obtained through their classification using a 10-degree scale, with degrees being of equal size.

As expected, all the Forest Districts showed high stability of relative values of the analysed properties among age classes of stands (Table), in spite of apparent differences in absolute values (Fig. 2). The greatest differences in degrees among age classes were reported in the Sieraków Forest District (Fig. 3) with the second largest concentration of contaminants. High convergence of the applied variability indicators was obtained among individual properties. The sums of differences for average dbh and for average tree height showed the highest correlation ($k=0.90$). The obtained results provide the basis for a broader use of this method for comparing stand properties expressed in different units.