

RAFAŁ PALUCH

# Wykorzystanie metody porządkowania fitosocjologicznego do obiektywnej oceny zmian typów siedliskowych lasu w Białowieckim Parku Narodowym

The use of floristic ordering method in an objective evaluation of changes in forest habitat types in the Białowieża National Park

**Abstract.** The paper deals with the changes in forest habitat types in the strict reserve of the Białowieża National Park in the period between 1959 and 1998. Reciprocal averaging (RA) is one of the most commonly used floristic ordering methods applied in the study included in a computer software package MULVA-5 (Wildi and Orlóci 1996). Van der Maarel coefficient of similarity connected with this method was also used to compare phytosociological relevés. The method allowed to confirm the trends in the changes in the vegetation identified with the use of traditional phytosociological methods.

**Key words:** reciprocal averaging (RA) method, van der Maarel similarity coefficient, forest habitat type, Białowieża National Park

## Wstęp i cel pracy

Obecnie ukazują się wiele, cennych, opartych na wieloletnich badaniach publikacji, które dotyczą zmian roślinności (Sokołowski 1991, 1993, 1999, Michalik 1991, Bernadzki i in. 1998). Świadczy to o dużej randze i skali problemu. W niniejszej pracy zastosowano jedną z metod pośredniego porządkowania fitosocjologicznego, będącą uzupełnieniem wcześniejszych, standardowych opracowań fitosocjologicznych (Paluch 2001b). Metoda ta może ułatwiać zobiektywizowanie uzyskanych wyników. Umożliwia ona m.in. graficzne przedstawienie rozmieszczenia zdjęć fitosocjologicznych z poszczególnych lat, ekologicznych odległości między nimi oraz ustalenie kierunków i tendencji zmian roślinności. Z drugiej strony, metody ordynacji pośredniej cechuje zwykle niejednoznaczna i utrudniona interpretacja osi porządkowania fitosocjologicznego (Hill 1973, Brzeziecki 1985, 1988, Braak i in. 1995, Widi i Orlóci 1996). Wspomniane prace dokładnie opisują koncepcje różnych metod porządkowania, w tym także metody wzajemnego uśredniania.

Często w obiektach podlegających ingerencji człowieka stwierdza się duże zmiany roślinności w czasie. W lasach zagospodarowanych coraz częściej obserwuje się wzrost żyzności siedlisk. Dane urządzeniowe wskazują na powiększanie się areалу siedlisk mezotroficznych i eutroficznych przy jednoczesnym zmniejszaniu się powierzchni siedlisk oligotroficznych. Wnioskowanie o wzroście żyzności siedlisk tylko na tej podstawie jest obarczone trudnym do oszacowania błędem wynikającym z doskonalenia klasyfikacji i terenowych prac glebowo-siedliskowych (Brzeziecki 1999). Obszar ochrony ścisłej Białowieskiego Parku Narodowego tworzą natomiast najmniej zniekształcone (nie tylko w Polsce) ekosystemy leśne. Zatem biorąc pod uwagę specyficzne cechy obiektu, w tym jego unikalną historię, fakt objęcia ochroną ścisłą w ciągu ostatnich 80 lat oraz małą intensywność (z racji położenia geograficznego) pośrednich oddziaływań człowieka (w postaci np. przemysłowych zanieczyszczeń powietrza) przyjęcie hipotezy o braku istotnych zmian w badanej roślinności w okresie 40 lat wydaje się uzasadnione. Do weryfikacji wspomnianej hipotezy zastosowano szereg metod fitosocjologicznych i fitoindykacyjnych (Paluch 2001a).

Celem niniejszej pracy było obiektywne określenie kierunków zmian roślinności za pomocą jednej z metod pośredniego porządkowania fitosocjologicznego.

## Obiekt i metodyka

Badania wykonano na stałej powierzchni badawczej Katedry Hodowli Lasu SGGW, położonej na terenie obszaru ochrony ścisłej Białowieskiego Parku Narodowego w oddziałach 284 i 285. Ma ona kształt wydłużonego prostokąta o wymiarach  $780 \times 40$  m. W 1959 r. Zaręba wykonał na powierzchni badawczej 23 zdjęcia fitosocjologiczne metodą Braun-Blanqueta. W 1998 roku powtórzono te badania. Założono 80 powierzchni próbnych rozmieszczonych równomiernie. Wszystkie powierzchnie miały postać kwadratów o boku 10 m. Odległości pomiędzy kwadratami próbnymi były stałe i wynosiły 10 m. Opracowania materiału fitosocjologicznego dokonano za pomocą specjalnego pakietu programów komputerowych - MULVA-5. Programy te zawierają różne metody ordynacji (porządkowania) i klasyfikacji numerycznej fitocenozy. Wieloletnie prace nad doskonaleniem systemu przyczyniły się do tego, że w jego skład weszły tylko te metody, które oparły się próbie czasu i są rzeczywiście najczęściej wykorzystywane przy opracowywaniu danych fitosocjologicznych. W celu określenia zmian roślinności zastosowano jedną z najczęściej wykorzystywanych metod ordynacji pośredniej – metodę wzajemnego uśredniania (RA). Za pomocą wspomnianego programu dokonano również obliczenia macierzy współczynników podobieństwa między obiektami (zdjęciami fitosocjologicznymi) obserwowanymi w czasie lub/i w przestrzeni. W celu określenia podobieństwa wykorzystano często stosowany współczynnik van der Maarel, (Wildi i Orlóci 1996). Przyjmuje on wartości z przedziału 0-1. Im bliższy jest jedności, tym większe jest podobieństwo między obiektami, a tym samym zaszły mniejsze zmiany. Następnie na podstawie tak określonego współczynnika podobieństwa między każdą parą zdjęć wykonaną na tych samych działkach w 1959 r. i w 1998 r. obliczono średnią wartość współczynnika podobieństwa dla poszczególnych typów siedlisk. Średnią tę obliczono na podstawie współczynników podobieństwa między odpowiednimi zdjęciami reprezentującymi dany typ siedliska. Jako punkt wyjścia analizy zmian przyjęto rozpoznanie siedliskowe sprzed 40 lat. Dokładna konstrukcja, działanie oraz zastosowanie programu znajdują się w pracy jego autorów Wildiego i Orlóci (1996).

## Wyniki badań

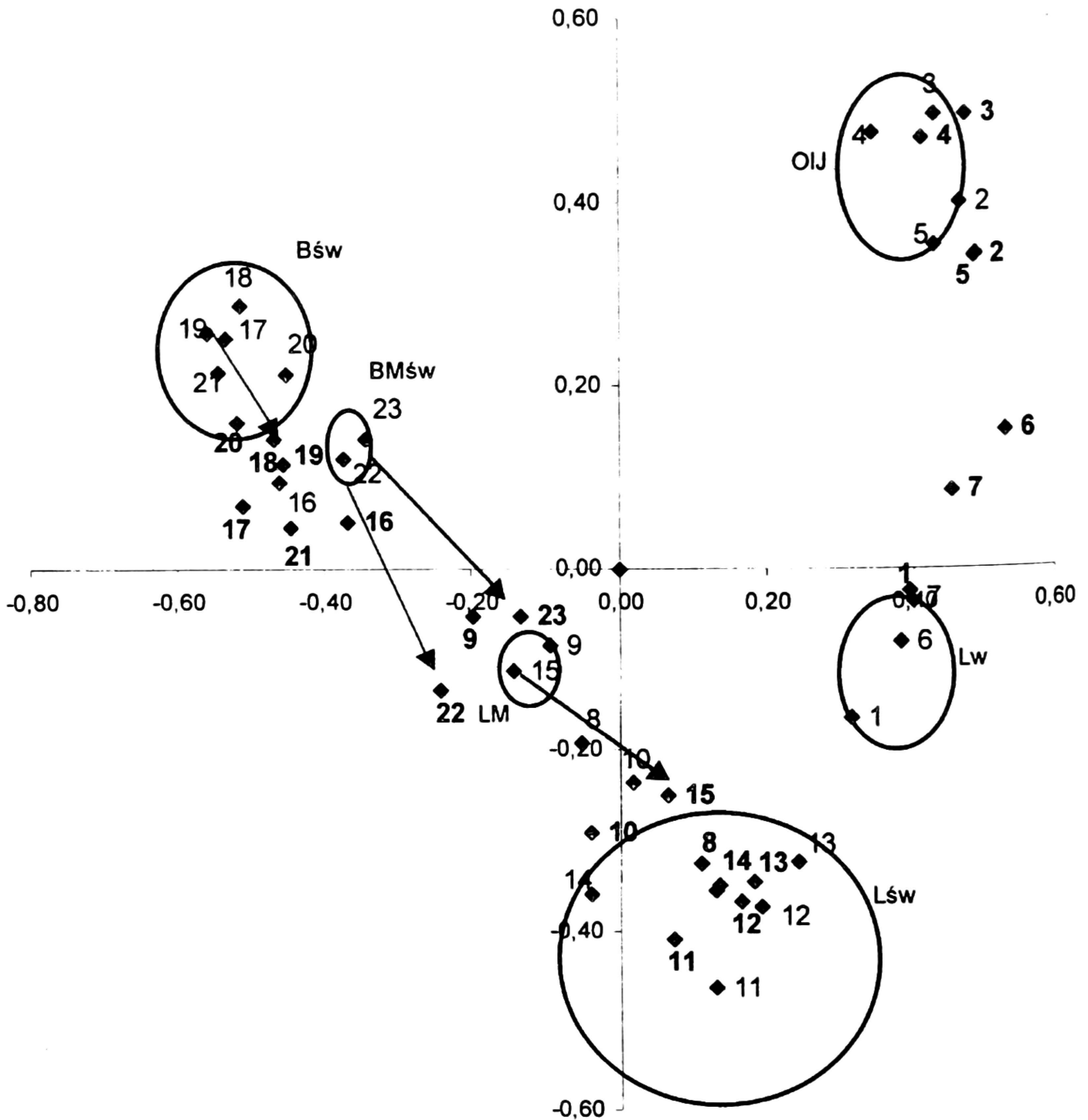
Wyniki porządkowania zdjęć fitosocjologicznych metodą wzajemnego uśredniania (RA) przedstawia rycina. Uwzględniono tutaj wszystkie zdjęcia fitosocjologiczne z 1959 r. oraz obecne zdjęcia fitosocjologiczne wykonane na tych samych co przed 40 laty działkach Na dwóch pierwszych osiach porządkowania zostały rzutowane punkty, będące graficznym obrazem zdjęć fitosocjologicznych. W tej metodzie największą wartość informacyjną ma pierwsza oś porządkowania, odpowiadająca w przybliżeniu żyzności gleby.

Największe odległości w przestrzeni wielowymiarowej pomiędzy zdjęciami fitosocjologicznymi wykonanymi w poszczególnych terminach na tych samych powierzchniach odnotowano na średnio żyznych działkach boru mieszanego świeżego i lasu mieszanego świeżego. Średnie współczynniki podobieństwa wskazują, że na wymienionych siedliskach nastąpiły największe w skali całej powierzchni badawczej zmiany roślinności – współczynniki te osiągają zdecydowanie najmniejsze wartości i wynoszą dla boru mieszanego świeżego 0,2976, a dla lasu mieszanego świeżego 0,3245.

Zdjęcia fitosocjologiczne o numerach 22 i 23 (reprezentujące w 1959 r. typ siedliska boru mieszanego świeżego) uległy bardzo dużemu przesunięciu w kierunku zdjęcia fitosocjologicznego nr 16 zaklasyfikowanego przed 40 laty do siedliska żyźniejszego – lasu mieszanego świeżego (ryc.). Również wspomniane tutaj jedno zdjęcie znacznie przesunęło się w kierunku bardziej żyznego siedliska lasu świeżego. Zdjęcia fitosocjologiczne o nr 16-21 wykonane w 1959 r. na najuboższym fragmencie powierzchni badawczej boru świeżego tworzyły wtedy zwartą grupę z wyjątkiem zdjęcia nr 16 położonego w strefie ekotonowej dwóch siedlisk. Na rycinie wyraźnie widać duże nawiązania wspomnianego wyżej zdjęcia do siedliska boru mieszanego świeżego. Obecnie zaznaczyło się jeszcze zmniejszenie dystansu między nim a grupą utworzoną ze zdjęć 22 i 23, reprezentującą w 1959 r. bór mieszany świeży, co pozwala na pewne zaklasyfikowanie go do wymienionego typu siedliska. Natomiast pozostałe zdjęcia o nr 17-21 tworzące dawniej grupę boru świeżego uległy również przesunięciu w kierunku siedliska żyźniejszego – boru mieszanego świeżego, lecz istnieje jeszcze pewien dystans między tymi grupami (ryc.). Średnia wartość współczynnika podobieństwa wynosi 0,4811.

W wyniku porządkowania materiału fitosocjologicznego zdjęcia o numerach 9 i 10, włączone do jednego typu siedliska lasu mieszanego wilgotnego, wykazywały w 1959 r. rzeczywiście niezbyt duże różnice, co potwierdza niewielka odległość między nimi (ryc.). Mimo tego Zaręba (1959) miał trudności z jednoznaczną diagnozą fitosocjologiczną, wynikające najprawdopodobniej z przejściowego charakteru zdjęć. Lecz zarówno przed 40 laty, jak i obecnie zdjęcie fitosocjologiczne nr 9 zostało umiejscowione w grupie lasów mieszanych, a zdjęcie nr 10 – na obrzeżach typu siedliska lasu świeżego. Współczynnik podobieństwa osiąga średnią wartość 0,5287.

Grupa zdjęć fitosocjologicznych o numerach 8, 11-14 zaliczonych do lasu świeżego nie jest jednorodna. Odległości pomiędzy jej poszczególnymi składnikami w 1959 r. były znaczne. Obecnie rysuje się tendencja do skupiania się zdjęć w centrum grupy oraz włączania do niej nowych elementów (zdjęcie nr 15). Dość duży jest średni współczynnik podobieństwa – 0,5316.



1 - nr zdjęcia fitosocjologicznego z 1959 r.

1 - nr zdjęcia fitosocjologicznego wykonanego na tej samej działce w 1998 r.

\* - uwzględniono tylko zdjęcia, które zostały wykonane na tych samych działkach, co 40 lat temu.

elipsami oznaczono grupy zdjęć reprezentujących jeden typ siedliska w 1959 r.

strzałki oznaczają kierunki największych zmian

RYC. Wyniki porządkowania zdjęć fitosocjologicznych wykonanych w 1959 r. i w 1998 r.\*  
metodą wzajemnego uśredniania

Najmniejsze zmiany roślinności zaszły na najżyźniejszych typach siedlisk lasu wilgotnego i olsu jesionowego. Z reguły przesunięcia pomiędzy zdjęciami fitosocjologicznymi w czasie są tutaj małe. Średnie współczynniki podobieństwa osiągają, natomiast największe w skali powierzchni badawczej wartości, wynoszące 0,577 dla lasu wilgotnego i 0,6394 dla olsu jesionowego.



## Podsumowanie i dyskusja

Zastosowanie metody wzajemnego uśredniania pozwoliło na obiektywną ocenę zmian typów siedlisk reprezentowanych na stałej powierzchni badawczej w Białowieskim Parku Narodowym. Okres niespełna 40 lat okazał się w tych warunkach wystarczająco długi do stwierdzenia dużych, jakościowych zmian roślinności na siedliskach boru mieszanego świeżego, lasu mieszanego świeżego i boru świeżego. Wyraziło się to w dużych przesunięciach zdjęć fitosocjologicznych w ciągu 40 lat. W tych przypadkach konieczna wydaje się aktualizacja typów siedliskowych lasu. Za pomocą wspomnianej tu metody w sposób syntetyczny i pozbawiony subiektywnej interpretacji syntaksonomicznej udowodniono upodobnianie się boru świeżego do boru mieszanego świeżego, boru mieszanego świeżego do lasu mieszanego świeżego, a lasu mieszanego świeżego do lasu świeżego. Do takiego stwierdzenia upoważnia porównanie wzajemnych relacji między grupami zdjęć reprezentujących różne typy siedlisk w poszczególnych latach badań. Umożliwiło to jednoznaczne określenie kierunków zmian. Fakt upodobniania się oligotroficznych i mezotroficznych siedlisk świeżych do siedlisk o jedna klasę żyzności lepszych ma szczególną wagę w obiekcie pozbawionym bezpośredniej ingerencji człowieka. Na pozostałych typach siedlisk: lasu mieszanego wilgotnego, lasu świeżego, lasu wilgotnego i olsu jesionowego zmiany roślinności, (wyrażone małymi przesunięciami zdjęć fitosocjologicznych) były niewielkie i nie powodowały konieczności zmian diagnoz typologicznych.

Pomiary i ocena zanieczyszczenia powietrza metodami technicznymi i biologicznymi wskazują, że Puszcę Białowieską zalicza się do obszarów mało skażonych (Malzahn 1999). Jednakże ciągły dopływ zanieczyszczeń powietrza z dalekiego transportu nawet w małych dawkach może powodować zmiany eutrofizacyjne (Sokołowski 1991, 1993). Trudno zatem jednoznacznie określić czy opisane zmiany roślinności są wyłącznie przejawem naturalnych tendencji, czy też są wywołane pośrednio przez człowieka. Z dużą dozą prawdopodobieństwa można uznać, że te czynniki nakładają się. Nie wiadomo jak długo utrzymają się obecne tendencje zmian roślinności. Należy jednak zastrzec się, że dalekosiężne prognozy zwykle bywają obciążone dużym ryzykiem popełnienia błędu. Wielcy badacze Paczowski (1930), Matuszkiewicz (1952), obserwując rosnącą we współczesnych sobie czasach inwazję świerka w prawie wszystkich zbiorowiskach leśnych przewidywali dalsze "zaświerczanie", a w konsekwencji borowacenie terenu Puszczy Białowieskiej. Uplęnęło kilkadziesiąt lat i teraz wiemy, że prognozy te nie sprawdziły się.

Obecnie wiele przesłanek wskazuje na eutrofizację siedlisk leśnych. Nie można również wykluczyć regeneracji zbiorowisk leśnych po dawnych zniekształceniach. Ekspansja drzewiastych gatunków grądowych w Puszczy Białowieskiej i na innych terenach, mogąca być wynikiem nałożenia się obu wspomnianych procesów, powoduje homogenizację warunków ekologicznych wnętrza lasu, mniejsze lub większe upodobnianie się różnych zbiorowisk do grądu.

## Wnioski

- Wobec dużego tempa zmian roślinności stwierdzonego na przykładzie zbiorowisk naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego proponuje się przeprowadzać prace glebowo-siedliskowe co najmniej raz na 40-50 lat w celu aktualizacji diagnoz typologicznych. Jednorazowe ustalenie typu siedliskowego lasu może powodować błędy.
- Niektóre wcześniejsze diagnozy typologiczne z operatów urzędniowych, które oceniamy obecnie jako błędne, mogły być właściwe 30 czy 40 lat temu. Częściowo może to wynikać z naturalnych lub /i antropogenicznych zmian zachodzących w zbiorowiskach leśnych.
- Zmiana podstawowej jednostki typologicznej - typu siedliskowego lasu, niesie za sobą konsekwencje dla długookresowego planowania hodowlanego. Zatem należałoby rozważyć potrzebę utrzymania obecnej szczegółowości przy ustalaniu finalnych celów hodowlanych.
- Zaobserwowane zmiany roślinności zaszły w ciągu zaledwie 40 lat, stanowiących niewielką przecież część historii drzewostanu. Uwzględniając ten fakt, dużą niepewność prognoz zmian oraz bazując na doświadczeniach poprzednich pokoleń szczególnego znaczenia nabiera przestrzeganie postulatów półnaturalnej hodowli lasu dotyczących rozpraszania ryzyka hodowlanego na możliwie wiele gatunków drzew.
- Siedliska eutroficzne są z reguły mało zmienne, natomiast oligotroficzne a zwłaszcza mezotroficzne łatwiej ulegają zmianom w czasie. Fakt ten sprawia, że w ostatnich rodzajach siedlisk model potencjalnej roślinności naturalnej należałoby odnosić do konkretnego momentu czasowego.

*Zakład Hodowli Lasu  
Instytut Badawczy Leśnictwa  
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. nr 3, 02-362 Warszawa*

## Literatura

- Bernadzki E., Bolibok L., Brzeziecki B., Zajączkowski J., Żybura H.** 1998 Rozwój drzewostanów naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego w okresie od 1936 do 1996. Fundacja Rozwój SGGW Warszawa ss.271
- Braak ter J.F., Jongman R.H., Tongeren van O.F.** 1995 Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press ss.299.
- Brzeziecki B.** 1985 Analiza numeryczna układu roślinność-środowisko na przykładzie rezerwatu leśnego Bachuski/Chelma. Pr. doktor. SGGW Warszawa ss.128
- Brzeziecki B.** 1988 Wykorzystanie programów z pakietu Wildiego i Orlóciwego do analizy danych fitosocjologicznych. Wiad. Ekolog 4 : 415-429
- Brzeziecki B.** 1999 Wzrost żyzności siedlisk: zjawisko pozorne czy rzeczywiste? Sylwan 11: 99-107
- Hill M.O.** 1973 Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. Jour. of Ecol.61: 237-249
- Malzahn E.** 1999 Ocena zagrożeń i zanieczyszczenia środowiska leśnego Puszczy Białowieskiej. Prace IBL ser B s.170

- Matuszkiewicz W.** 1952 Zespoły leśne Białowieskiego Parku Narodowego. *Annales UMCS Sec.C suppl.* 6 ss.218
- Michalik S.** 1991 Zmiany powierzchni zespołów leśnych w Ojcowskim Parku Narodowym w ostatnim trzydziestolecu. *Prądnik Pr. Muzeum im. W. Szafera* 4: 65-72
- Paczoski J.** 1930 *Lasy Białowieży*. Państw. Rada Ochr. Przyr. Monogr. Nauk. 1 ss.575.
- Paluch R.** 2001a Dynamika roślinności runa drzewostanów naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego w okresie 40 lat na przykładzie stałej powierzchni badawczej Pr. dokt. SGGW Warszawa ss.121
- Paluch R.** 2001b Zmiany zbiorowisk roślinnych i typów siedlisk w drzewostanach naturalnych Białowieskiego Parku Narodowego *Sylwan* 10 s.73-81
- Sokołowski A.W.** 1991 Zmiany składu zbiorowisk leśnych w rezerwatach Puszczy Białowieskiej. *Ochr. Przyr.*, 49, cz.2: 1-26.
- Sokołowski A.W.** 1993 Zmiany składu gatunkowego zbiorowisk leśnych pod wpływem przemysłowych emisji w północno-wschodniej Polsce. *Prądnik Prace i Mat. Muzeum im W. Szafera* 7-8:
- Sokołowski A.W.** 1999 Kierunki naturalnej sukcesji zbiorowisk leśnych jako podstawa postępowania hodowlanego w Leśnym Kompleksie Promocyjnym Puszcza Białowieska. *Prace IBL Ser.B nr 36:* 5-25
- Zaręba R.** 1959 Opracowanie fitosocjologiczne powierzchni badawczej Zakładu Ogólnej Hodowli Lasu położonej w oddz.284-285 Białowieskiego Parku Narodowego. Rękopis

## Summary

### **The use of floristic ordering method in an objective evaluation of changes in forest habitat types in the Białowieża National Park**

In 1959, Zaremba provided 23 phytosociological relevés from the permanent plot in the strict reserve of the Białowieża National Park. In 1998, the floristic survey was repeated. Using the reciprocal averaging (RA) – one of the most commonly used indirect ordering methods – the ordering of phytosociological relevés of 1959 and 1998 was completed. Van der Maarel coefficients of similarity between phytosociological relevés were determined with the aid of a special computer software MULVA-5. Basing on the coefficients of similarity between each releve pair on the same 1959 and 1998 plots, the mean value of the similarity coefficient for individual forest habitat types was calculated. The calculations were based on the coefficients of similarity between the phytosociological relevés representing a given habitat type. The greatest multi-dimensional spatial distances between the phytosociological relevés made on the same plots on successive dates were found on the medium fertile plots of the fresh mixed coniferous forest and fresh mixed broadleaved forest habitats. The mean value of coefficients of similarity indicated that the greatest changes in the vegetation on the whole study site scale were recorded in these two forest habitats – these coefficients had clearly the lowest values.

The relevés representing in 1959 the fresh mixed coniferous forest habitat shifted towards the releve classified 40 years ago as more fertile fresh mixed broadleaved forest habitat as well as towards more fertile fresh broadleaved forest habitat. The relevés representing in the past the fresh coniferous forest habitat also shifted towards the releve classified in 1959 as fresh mixed coniferous forest (Fig.). In such cases it seems advisable to update forest habitat types.

The use of the above said method allowed to prove in a synthetic way and without a subjective syntaxonomic interpretation that the fresh coniferous forest became similar to

the fresh mixed coniferous forest habitat, the fresh mixed coniferous forest to the fresh mixed broadleaved forest habitat and the fresh mixed broadleaved forest to the fresh broadleaved forest habitat. The floristic changes (insignificant distances in phytosociological relevés) in other habitat types: wet mixed broadleaved forest, fresh broadleaved forest, wet broadleaved forest and ash alder-carr were insignificant and did not necessitate changes in typological diagnoses.

Taking into account the changes in the vegetation that occurred during a short period of 40 years of stand history, uncertainty of forecasts and experiences of former generations meeting the postulates of semi-natural forest cultivation concerning silvicultural risk distribution onto many tree species requires special concern.