

DARIUSZ KAYZER<sup>1</sup>, KRZYSZTOF SZOSKIEWICZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## ZASTOSOWANIE ANALIZY ZMIENNYCH KANONICZNYCH DO GRAFICZNEGO PRZEDSTAWIENIA UWARUNKOWAŃ EKOLOGICZNYCH ROZWOJU ZBIOROWISK ROŚLIN WODNYCH

APPLICATION OF CANONICAL VARIATE ANALYSIS  
FOR GRAPHICAL PRESENTATION OF ECOLOGICAL REQUIREMENTS  
OF AQUATIC PLANT COMMUNITIES

**Streszczenie.** Analizy oparto na wynikach badań roślinności rzek prowadzonych w Wielkiej Brytanii i Irlandii Północnej w latach 1995-2002 z zastosowaniem metody fitosocjologicznej według Brauna-Blanqueta. Wykorzystano szczególnie rozpowszechnione zbiorowiska roślinne, sklasyfikowane w formie 12 zespołów, które reprezentują szeroki zakres tolerancji ekologicznej. Ocena właściwości środowiska dla sklasyfikowanych 288 płatów roślinności została dokonana na podstawie 10 zmiennych, które obejmowały zarówno parametry określające warunki geograficzne i morfologiczne, jak i jakość wody rzek oraz geologię i użytkowanie zlewni. Celem przeprowadzonych badań było wykazanie przydatności analizy zmiennych kanonicznych do oceny właściwości ekologicznych zbiorowisk roślinnych. Przedstawiono wzajemne położenie fitocenoz wodnych w przestrzeni zmiennych kanonicznych. Zmienne kanoniczne okazały się przydatne do określenia wzajemnego położenia zbiorowisk roślin wodnych ze względu na zmienne środowiskowe.

**Słowa kluczowe:** zbiorowiska roślinne, degradacja wód, ekologia roślin, analiza zmiennych kanonicznych

## Wstęp

Właściwości bioindykacyjne żywych organizmów od wielu lat są wykorzystywane w ocenie środowiska powietrzno-lądowego, jak i wodnego. W odniesieniu do wód śródlądowych w ostatnich dekadach próbowano stosować wiele metod, z wykorzystaniem różnych organizmów, jak: bakterie, glony, rośliny naczyniowe oraz zwierzęta, zarówno bezkręgowce, jak i wyższe. Stosowanie metod biologicznych okazało się bardzo przydatne w ocenie wód, gdyż organizmy w nich żyjące w sposób ciągły są poddawane presji środowiska i mogą syntetycznie informować o zachodzących zmianach. W przypadku technik pomiaru poszczególnych cech fizycznych lub chemicznych mamy możliwość dowiedzenia się o stanie tylko niektórych parametrów i to jedynie w chwili pomiaru. Metody biologiczne okazały się w wielu przypadkach bardziej czułe i precyzyjne, a przy tym często niedrogie (BURCHARDT 1994, ALLAN 1998, HERING i IN. 2006).

Dobrze poznaną pod względem ekologii grupą są makrofity (np. BOWDEN i IN. 1994, NAGENGAST 1994, BREWIN i IN. 1998, DAWSON i SZOSZKIEWICZ 1999). Podkreśla się, że walorem roślin naczyniowych jako bioindykatorów jest ich zdolność charakterystyki bardziej trwałych i mniej zmiennych cech siedliska. Kilka metod bioindykacji wykorzystuje właściwości wskaźnikowe poszczególnych gatunków, dzięki czemu można ocenić m.in.: nasświetlenie, trofię wody czy odczyn (np. PIECZYŃSKA 1988, ELLENBERG i IN. 1992, NAGENGAST 1994). Konieczność rozwoju tanich i precyzyjnych systemów indykacji środowiska wodnego z wykorzystaniem żywych organizmów wynika z nowego podejścia do monitoringu wód w Unii Europejskiej.

Celem badań przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy było wykazanie przydatności metody analizy zmiennych kanonicznych do oceny właściwości ekologicznych zbiorowisk roślinnych. Wzajemne położenie fitocenoz wodnych zostało przedstawione w przestrzeni zmiennych kanonicznych.

## Material i metody

### Badania botaniczne

Analizy oparto na wynikach badań roślinności rzek prowadzonych w Wielkiej Brytanii i Irlandii Północnej w latach 1995-2002 z zastosowaniem metody fitosocjologicznej według Brauna-Blanqueta. Wykorzystano szczególnie rozpowszechnione zbiorowiska roślinne, które sklasyfikowano w formie 12 zespołów (tab. 1). Były to zbiorowiska bardzo dobrze udokumentowane (reprezentowane przez minimum 10 zdjęć fitosocjologicznych), które reprezentują szerokie spektrum ekologiczne w odniesieniu do warunków środowiska wodnego. Ocena właściwości środowiska dla sklasyfikowanych 288 płatów roślinności została dokonana na podstawie 10 zmiennych, które obejmowały zarówno parametry określające warunki geograficzne i morfologiczne, jak i jakość wody rzek oraz geologię i użytkowanie zlewni (tab. 2).

Kayzer D., Szoszkiewicz K., 2011. Zastosowanie analizy zmiennych kanonicznych do graficznego przedstawienia uwarunkowań ekologicznych rozwoju zbiorowisk roślin wodnych. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 6, #107.

Tabela 1. Analizowane zbiorowiska roślinne  
Table 1. Analysed plant communities

Lp. No	Fitocenoza Plant community	Symbol	Liczba zdjęć fitosocjologicznych Number of relevés
1	<i>Elodeetum canadensis</i>	Elod can	12
2	<i>Myriophylletum alterniflori</i>	Myr alte	11
3	<i>Nasturtietum officinalis</i>	Nastur	26
4	<i>Nuphareto-Nymphaetum albae</i>	Nuph-Nym	30
5	<i>Parvopotamo-Zanichellietum palustris</i>	Parv-Zan	18
6	<i>Potamo pectinati</i>	Pot pect	26
7	<i>Ranunculetum penicillati</i> var. <i>pseudofluitans</i>	Ran pen	41
8	<i>Scirpetum lacustris</i>	Scir lac	24
9	Zbiorowisko z <i>Cladophora</i> Plant community with <i>Cladophora</i>	Cladoph	43
10	<i>Hygrohypnetum ochracei</i>	Hygrohyp	19
11	<i>Oxyrrhynchietum rusciformis</i>	Oxyrrh	18
12	<i>Scapanietum undulatae</i>	Scap	20

Tabela 2. Zmienne charakteryzujące środowisko rozwoju badanych zbiorowisk roślinnych  
Table 2. Environmental variables taken into consideration

Lp. No	Zmienna – Variable	Symbol	Jednostka – Unit
1	Indeks MTR – MTR index	x1	Skala MTR (1-100)
2	Alkaliczność – Alkalinity	x2	meq·l <sup>-1</sup>
3	Konduktywność – Conductivity	x3	μS·cm <sup>-1</sup>
4	pH	x4	[-]
5	Fosfor reaktywny – Soluble reactive phosphorus	x5	μg·l <sup>-1</sup>
6	Fosfor ogólny – Total phosphorus	x6	μg·l <sup>-1</sup>
7	Wysokość n.p.m. – Altitude a.s.l.	x7	m
8	Nachylenie koryta – River bed slope	x8	m·km <sup>-1</sup>
9	Odległość od źródła – Distance to the source	x9	km

### Analiza zmiennych kanonicznych

Empiryczne wyniki wskaźników siedliskowych 12 wyróżnionych fitocenozy wodnych analizowano za pomocą analizy zmiennych kanonicznych (LEJEUNE i CALIŃSKI

2000, KAYZER i IN. 2009). Analiza zmiennych kanonicznych jest metodą bardzo użyteczną do graficznej prezentacji rezultatów wielowymiarowych eksperymentów. Główną ideą tej metody jest transformacja zbioru oryginalnych zmiennych na zbiór nowych zmiennych, które niosą podobne informacje, lecz zostały rozmieszczone w wielowymiarowej przestrzeni euklidesowej.

Oznaczamy przez  $\mathbf{Y}_{i,j} = [Y_{i,j,1} \ Y_{i,j,2} \ \dots \ Y_{1,2,p}]$   $p$ -wymiarowy wektor wskaźników siedliskowych uzyskany z  $i$ -tego zespołu ( $i = 1, \dots, r$ ) na  $j$ -tym zdjęciu fitosocjologicznym ( $j = 1, \dots, N_i$ ), przez  $\mathbf{Y}_{i\bullet} = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} \mathbf{Y}_{i,j}$  wektor średnich dla  $i$ -tego zespołu, a

przez  $\mathbf{Y}_{\bullet\bullet} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^r N_i \mathbf{Y}_{i\bullet}$  wektor średnich ogólnych z wszystkich zdjęć, gdzie

$N = \sum_{i=1}^r N_i$ . Ponadto niech

$$\mathbf{E} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{N_i} (\mathbf{Y}_{i,j} - \mathbf{Y}_{i\bullet})(\mathbf{Y}_{i,j} - \mathbf{Y}_{i\bullet})' \quad (1)$$

oraz

$$\mathbf{H} = \sum_{i=1}^r N_i (\mathbf{Y}_{i\bullet} - \mathbf{Y}_{\bullet\bullet})(\mathbf{Y}_{i\bullet} - \mathbf{Y}_{\bullet\bullet})' \quad (2)$$

(SEBER 1984, KRZYŚKO 2000). W analizowaniu wyników obserwacji pochodzących z wielowymiarowych eksperymentów interesujące jest wnioskowanie na podstawie macierzy:  $\hat{\mathbf{\Omega}} = \mathbf{C}\hat{\mathbf{\Xi}}$ , gdzie  $\mathbf{C} = \mathbf{I}_r - \frac{1}{r}\mathbf{1}_r\mathbf{1}_r'$ , a  $\hat{\mathbf{\Xi}} = [\mathbf{Y}_{1\bullet} \ \mathbf{Y}_{2\bullet} \ \dots \ \mathbf{Y}_{r\bullet}]$ . Macierz  $\hat{\mathbf{\Omega}}$  reprezentuje oceny wskaźników siedliskowych dla poszczególnych fitocenoz wodnych pomniejszone o średnią z parametrów wszystkich zbiorowisk roślinnych.

W wyniku transformacji macierz  $\hat{\mathbf{\Omega}}$  zostaje przedstawiona w postaci:

$$\hat{\mathbf{\Omega}} = \sum_{k=1}^s \mu_k^{-1/2} \boldsymbol{\Psi}_k \boldsymbol{\Phi}_k' \quad (3)$$

gdzie  $s = \min(p, r - 1)$ , a wektory  $\boldsymbol{\Psi}_k$  i  $\boldsymbol{\Phi}_k$  oraz skalary  $\mu_k$  wyznacza się z równań postaci:

$$(N-r)\hat{\mathbf{\Omega}}\mathbf{E}^{-1}\hat{\mathbf{\Omega}}' \left[ \mathbf{C} \text{diag} \left( \frac{1}{N_1}, \frac{1}{N_2}, \dots, \frac{1}{N_r} \right) \mathbf{C}' \right]^{-1} \boldsymbol{\Psi}_k = \mu_k \boldsymbol{\Psi}_k \quad (4)$$

$$(N-r)\mathbf{H}\mathbf{E}^{-1}\boldsymbol{\Phi}_k = \mu_k \boldsymbol{\Phi}_k \quad (5)$$

Wektory  $\boldsymbol{\Psi}_k$  normalizuje się w następujący sposób:

$$\Psi'_k \left[ C \text{diag} \left( \frac{1}{N_1}, \frac{1}{N_2}, \dots, \frac{1}{N_r} \right) C' \right]^{-1} \Psi_{k'} = \begin{cases} \mu_k, & \text{dla } k = k' \\ 0, & \text{dla } k \neq k' \end{cases} \quad (6)$$

Przy tak przeprowadzonej normalizacji wektory  $\Psi_k$  zwane są  $k$ -tymi współzrędnymi kanonicznymi (LEJEUNE i CALIŃSKI 2000).

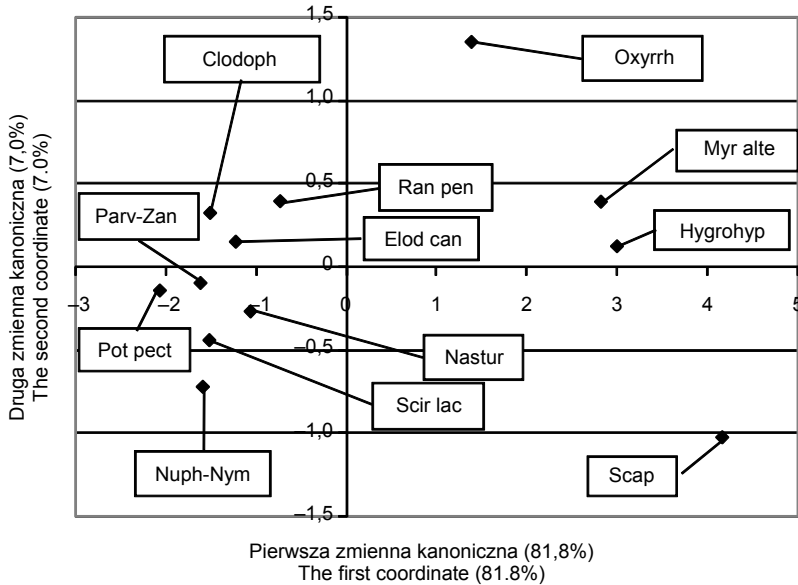
## Wyniki i dyskusja

Efekty wskaźników siedliskowych  $\hat{\Omega}$  dla poszczególnych zbiorowisk roślinnych zostały przedstawione w tabeli 3. Znaczenie elementów macierzy  $\hat{\Omega}$  należy rozumieć w ten sposób, że dla przykładowego pierwszego z nich (tab. 3), o wartości  $-7,87$ , średnia wartość biologicznego indeksu makrofitowego wyliczona ze wszystkich wartości zbiorowiska *Elodeetum canadensis* jest o  $7,87$  mniejsza od średniej wartości biologicznej indeksu makrofitowego wyznaczonej dla wszystkich przeciętnych wartości fitocenozy wodnych. Graficzny obraz zróżnicowanych preferencji ekologicznych przedstawiono na rysunku 1. Stwierdzono, że rozwój poszczególnych fitocenozy jest uwarunkowany różnymi czynnikami ekologicznymi. Wykazano, że cztery zbiorowiska (*Myriophylletum alterniflori*, *Hygrohypnetum ochracei*, *Oxyrrhynchietum rusciformis*, *Scapanietum undulatae*) wykazują odmienne wymagania siedliskowe niż pozostałe fitocenozy.

Tabela 3. Efekty wskaźników siedliskowych dla poszczególnych fitocenozy (symbole wyjaśniono w tabelach 1 i 2)

Table 3. Effects of habitat conditions for the particular plant communities (abbreviations are explained in Tables 1 and 2)

Fitocenoza Plant community	$\hat{\Omega} = C\hat{\Xi}$								
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
Elod can	-7,87	1,14	108,2	0,25	-110,1	-143,9	-51,6	-5,2	-4,9
Myr alte	17,44	-2,67	-506,2	-0,75	-490,9	-640,3	79,7	-0,6	-5,3
Nastur	-4,17	1,34	295,1	0,35	3,9	72,2	-42,0	-3,2	-0,6
Nuph-Nym	-10,75	1,45	234,3	0,34	597,3	742,7	-40,5	-6,3	11,5
Parv-Zan	-10,56	1,52	209,6	0,40	25,0	68,4	-53,2	-5,2	3,4
Pot pect	-17,25	1,24	558,7	0,41	891,6	967,4	-46,6	-6,3	7,0
Ran pen	-4,63	0,45	-36,0	0,23	-197,0	-200,2	-39,1	-4,7	5,4
Scir lac	-9,83	1,34	168,6	0,39	298,1	358,1	-46,3	-6,4	14,8
Cladoph	-14,40	0,80	284,0	0,24	359,4	512,9	-32,7	-4,6	-2,8
Hygrohyp	22,66	-2,45	-470,3	-0,65	-468,4	-625,0	74,8	-0,1	-4,8
Oxyrrh	8,44	-1,72	-346,5	-0,19	-436,0	-524,4	42,8	24,0	-7,2
Scap	30,91	-2,45	-499,4	-1,02	-472,9	-587,8	154,7	18,8	-16,6



Rys. 1. Położenie wybranych fitocenoz wodnych w odniesieniu do zmiennych środowiskowych w przestrzeni dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych (symbole fitocenoz wyjaśniono w tabeli 1)

Fig. 1. Biplot of selected water communities differentiated against the environmental variables in the space of two first canonical variates (abbreviations of phytocenoses are explained in Table 1)

Główny kierunek zmienności ( $\psi_1$ ) powiązany z osią odciętych uwzględniła 81,8% informacji wnoszonych do analizy przez zmienne siedliskowe. Na jego podstawie można było wydzielić dwie grupy fitocenoz, różniące się szczególnie silnie pod względem tolerancji na eutrofizację wód, która została wykazana w analizie poprzez biologiczny indeks makrofitowy (MTR) i wskaźnik geograficzny (wysokość n.p.m.), a także silnie związane z geologią (pH i alkaliczność). Wydzielone cztery zbiorowiska rozwijały się w warunkach małej trofii (duża wartość MTR), dużej wysokości n.p.m. oraz małej wartości pH i małej alkaliczności w porównaniu z pozostałymi zbiorowiskami (tab. 3).

Wydzielone cztery zbiorowiska znane są z literatury jako preferujące warunki oligotroficzne (TOMASZEWICZ 1979, SZOSZKIEWICZ 2004). Ich preferencje ekologiczne wyraźnie się różnią od pozostałych zbiorowisk, które rozwijają się w wodach skrajnie eutroficznych (szczególnie *Potamo pectinati* i zbiorowisko z *Cladophora*) lub mezotroficznych (np. *Elodeetum canadensis*). Przeprowadzona analiza trafnie potwierdziła te wcześniejsze doniesienia.

Wykonane badania wykazały przydatność analizy zmiennych kanonicznych do oceny właściwości ekologicznych zbiorowisk roślinnych. Otrzymany obraz fitocenoz wodnych oraz wartości ich wskaźników siedliskowych precyzyjnie odzwierciedlają ekologiczne podobieństwa i różnice pomiędzy badanymi zbiorowiskami roślinnymi. Należy podkreślić, że strata informacji dotyczących zmienności między przeciętnymi warto-

ściami fitocenoz wodnych przy przejściu do dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych ( $\psi_1$  i  $\psi_2$ ) jest niewielka (około 11,2%), co wskazuje na duży stopień pewności otrzymanych wyników.

Analiza zmiennych kanonicznych nie była szerzej używana do wnioskowania o takich typach zbiorów. Jednym z powodów ograniczonego wykorzystania tej metody jest konieczność dysponowania pełnym zestawem danych dla każdego analizowanego czynnika. Jakiegokolwiek luki w obserwacji uniemożliwiają przeprowadzenie tego typu analiz. Dodatkową niedogodnością analizy zmiennych kanonicznych jest niemożliwość wykorzystania danych skategoryzowanych. Z drugiej strony walorem analizy zmiennych kanonicznych w porównaniu z innymi wielowymiarowymi narzędziami, np. analizą składowych głównych, jest uwzględnianie zmienności wewnątrz poszczególnych jednostek biocenotycznych. Analiza składowych głównych rozważa macierz, w której elementy biocenotyczne są opisane uprzednio uśrednionymi wartościami.

Przykładem wykorzystania danych hydrobiologicznych zawierających zmienne środowiskowe w analizie zmiennych kanonicznych może być praca LIM i IN. (2005). Autorzy ci dokonali klasyfikacji 46 zbiorników wodnych na podstawie zestawu danych limnologicznych i porównali ją z wynikami uzyskanymi dzięki analizie składowych głównych (PCA). Z kolei ZYLL DE JONG i IN. (2005) porównali analizę zmiennych kanonicznych z wielowymiarowymi analizami korespondencji, analizując biologiczne i geograficzne uwarunkowania występowania zespołów ryb w jeziorach borealnych. Wymienione wyżej prace wykazały walory analizy zmiennych kanonicznych, która pozwoliła na dokładniejsze ustalenie różnic pomiędzy poszczególnymi jednostkami biocenotycznymi w odniesieniu do ich właściwości ekologicznych.

## Wnioski

1. Badania prowadzone z wykorzystaniem analizy zmiennych kanonicznych potwierdziły związek pomiędzy rozwojem poszczególnych fitocenoz a warunkującymi je czynnikami środowiskowymi.

2. Główny kierunek zmienności, który spowodował wydzielenie dwóch grup fitocenoz, był związany szczególnie silnie z procesem eutrofizacji wód.

3. Przeprowadzone badania wykazały przydatność analizy zmiennych kanonicznych do oceny właściwości ekologicznych zbiorowisk roślinnych.

## Literatura

- ALLAN J.D., 1998. *Ekologia wód płynących*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- BOWDEN W.B., FINLAY J.C., MALONEY P.E., 1994. Long-term effects of  $PO_4$  fertilization on the distribution of bryophytes in an arctic river. *Freshw. Biol.* 32: 445-454.
- BREWEN P.A., BUCKTON S.T., ORMEROD S.J., 1998. River habitat surveys and biodiversity in acid-sensitive rivers. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 8: 501-514.
- BURCHARDT L., 1994. Bioindykacja w ocenie ekosystemu jeziornego. *Idee Ekol.* 4, 3: 71-76.
- DAWSON F.H., SZOSZKIEWICZ K., 1999. Relationship of some ecological factors with the associations of vegetation in British rivers. *Hydrobiologia* 415: 117-122.

- ELLENBERG H., WEBER H.E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W., PAULISSEN D., 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scr. Geobot.* 18.
- HERING D., JOHNSON R.K., KRAMM S., SCHMUTZ S., SZOSZKIEWICZ K., VERDONSCHOT P.F.M., 2006. Assessment of European streams with diatoms, macrophytes, macroinvertebrates and fish: a comparative metric-based analysis of organism response to stress. *Freshw. Biol.* 51, 9: 1757-1785.
- KAYZER D., BOROWIAK K., BUDKA A., ZBIERSKA J., 2009. Study of interaction in bioindication research on tobacco plant injuries caused by ground level ozone. *Environmetrics* 20: 666-675.
- KRZYŚKO M., 2000. Wielowymiarowa analiza statystyczna. Rektor Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań.
- LEJEUNE M., CALIŃSKI T., 2000. Canonical analysis applied to multivariate analysis of variance. *J. Multivar. Anal.* 72: 100-119.
- LIM D.S.S., DOUGLAS M.S.V., SMOL J.P., 2005. Limnology of 46 lakes and ponds on Banks Island, N.W.T., Canadian Arctic Archipelago. *Hydrobiologia* 545: 11-32.
- NAGENGAST B., 1994. Makrofity jako niezbędny element diagnozowania jezior. *Idee Ekol.* 4, 3: 105-110.
- PIECZYŃSKA E., 1988. Makrofity a trofia jezior. *Ekol. Pol.* 34: 375-404.
- SEBER G.A.F., 1984. *Multivariate observations.* Wiley, New York.
- SZOSZKIEWICZ K., 2004. Vegetation as an indicator of trophic status of running waters based on rivers of Great Britain and Northern Ireland. *Rozpr. Nauk. AR Pozn.* 349.
- TOMASZEWICZ H., 1979. *Roślinność wodna i szuwarowa Polski.* Wyd. UW, Warszawa.
- ZYLL DE JONG M.C., COWX I.G., SCRUTON D.A., 2005. Association between biogeographical factors and boreal lake fish assemblages. *Fish. Manage. Ecol.* 12: 189-199.

## APPLICATION OF CANONICAL VARIATE ANALYSIS FOR GRAPHICAL PRESENTATION OF ECOLOGICAL REQUIREMENTS OF AQUATIC PLANT COMMUNITIES

**Summary.** The analysis was based on the results of the river survey carried out in the UK and Northern Ireland in the period 1995-2002 where 288 relevés were described. A field assessment was undertaken according to the phytosociological method by Braun-Blanquet approach. Common types of plant communities were analysed, which were classified as 12 phytosociological associations. These represent a wide ecological range. The environmental requirements were classified basing on the 10 variables, which reflect different kinds of geographical conditions as geographical, landscape, geology, land use of the watershed and water quality. The aim of the study was presenting usefulness of canonical variate analysis for estimating environmental requirements of plant communities. The position of different vegetation types was shown in the space of canonical variates. Canonical variates appeared useful for detecting ecological needs of vegetation in the multivariate matrix.

**Key words:** plant communities, water degradation, plant ecology, canonical variate analysis



Kayzer D., Szoszkiewicz K., 2011. Zastosowanie analizy zmiennych kanonicznych do graficznego przedstawienia uwarunkowań ekologicznych rozwoju zbiorowisk roślin wodnych. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 6, #107.

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Dariusz Kayzer, Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań, Poland, e-mail: dkayzer@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*28.09.2011*

*Do cytowania – For citation:*

*Kayzer D., Szoszkiewicz K., 2011. Zastosowanie analizy zmiennych kanonicznych do graficznego przedstawienia uwarunkowań ekologicznych rozwoju zbiorowisk roślin wodnych. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 6, #107.*