



You have downloaded a document from  
**RE-BUŚ**  
repository of the University of Silesia in Katowice

**Title:** Reprezentacja współczesnej roślinności wodnej w makroszczątkach stropowej części osadów niewielkiego płytkiego zbiornika

**Author:** Artur Szymczyk

**Citation style:** Szymczyk Artur. (2010). Reprezentacja współczesnej roślinności wodnej w makroszczątkach stropowej części osadów niewielkiego płytkiego zbiornika. "Acta Geographica Silesiana" ([T.] 8 (2010), s. 61-67).



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI  
W KATOWICACH



Biblioteka  
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

Artur Szymczyk

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; e-mail: aszymczy@wnoz.us.edu.pl

## REPREZENTACJA WSPÓŁCZESNEJ ROŚLINNOŚCI WODNEJ W MAKROSZCZĄTKACH STROPOWEJ CZĘŚCI OSADÓW NIEWIELKIEGO PŁYTKIEGO ZBIORNIKA

Шимчик А. **Современная водная растительность в макроостатках верхней части осадков небольшого мелкого водоема.** Представлены результаты исследований по отношениям между ассоциациями карпологических остатков водных растений, сохранных в верхнем слое (2 см) осадков и современной растительностью небольшого мелкого водоема. Проведенные анализы 40 образцов объемом 100 см<sup>3</sup> обнаружили, что ассоциации макроостатков в общем хорошо отражают видовой состав материнских фитоценозов. В отложениях были представлены 60% современных видов. Было также установлено, что среди многочисленных факторов влияющих на распределение диаспор водных растений в исследуемом водоеме основное значение – кроме формы его чаши – имеет размещение участков всплывших растений.

Szymczyk A. **Representatives of contemporary aquatic vegetation in macrofossils of roof part of deposits in small shallow reservoir.** The study presents results of investigations on relations between associations of carpological remains of aquatic plants preserved in the roof layer (2 cm) of deposits and the contemporary vegetation of small shallow reservoir. Carried out analyses of 40 samples of capacity of about 100 cm<sup>3</sup> proved that associations of macrofossils generally well reflect the species composition of parent phytocenoses. In deposits 60% of presently occurring species were represented. It was also stated that among many factors influencing the distribution of diaspores of aquatic plants in the environment investigated both distribution of patches of emerged vegetation and shape of its bowl are of crucial importance.

**Słowa kluczowe:** rośliny wodne, szczątki karpologiczne, zbiorniki wodne

### Streszczenie

Praca prezentuje wyniki badań relacji pomiędzy zespołami szczątków karpologicznych roślin wodnych zachowanych w stropowej warstwie (2 cm) osadów, a współczesną roślinnością niewielkiego płytkiego zbiornika. Przeprowadzone analizy 40 prób o objętości 100 cm<sup>3</sup> wykazały, że zespoły makroszczątków generalnie dobrze odzwierciedlają skład gatunkowy macierzystych fitocenozy. W osadach reprezentowanych było 60% współcześnie występujących gatunków. Stwierdzono także, że wśród wielu czynników wpływających na dystrybucję diaspory roślin wodnych w badanym zbiorniku kluczowe znaczenie ma – obok kształtu jego miski – rozmieszczenie płatów roślinności wynurzonej.

### WSTĘP

Makroszczątki roślinne, w tym głównie dobrze zachowane się w osadach jeziornych szczątki karpologiczne powszechnie wykorzystuje się do odtwarzania przemian zachodzących w środowisku (np. BIRKS, 1980, 2001; GAILLARD, BIRKS, 2007), w tym do rekonstrukcji zmian temperatury (np. ISARIN, BOHNCKE, 1999), trofii (np. JACKSON, CHARLES, 1987 lub poziomu jezior w przeszłości (np. HANNON, GAILLARD, 1997). Metody rekonstrukcji składu gatunkowego oraz przestrzennego rozmie-

szczenia funkcjonujących w przeszłości fitocenozy wykorzystujące makroszczątki, a także rzadko dotychczas wykonywane analizy mające na celu ogólną ocenę liczebności taksonów i wskazanie gatunków dominujących (ZHAO et al., 2006), polegają na wiedzy o złożonych relacjach pomiędzy zgrupowaniami makrofosyliów a współczesną roślinnością (BIRKS, 2001). Pogłębianie tej wiedzy daje możliwość precyzowania i poszerzenia interpretacji zapisów, uzyskanych podczas analiz makroszczątkowych i jest możliwe dzięki badaniom próbek powierzchniowych osadów (BIRKS, 2007). Dotychczasowe prace z zakresu tafonomii makroszczątków roślinnych, koncentrujące się na reprezentacji w osadach taksonów wodnych (np. BIRKS, 1973; DIEFFENBACHER-KRALL, HALTEMAN, 2000; ZHAO et al., 2006; KOFF, VANDEL, 2008) i lądowych (np. DUNWIDDIE 1987; WAINMAN, MATHEWES, 1990) sugerują, że w wielu przypadkach zgrupowania makroszczątków stanowią dobre odzwierciedlenie struktury współczesnej roślinności.

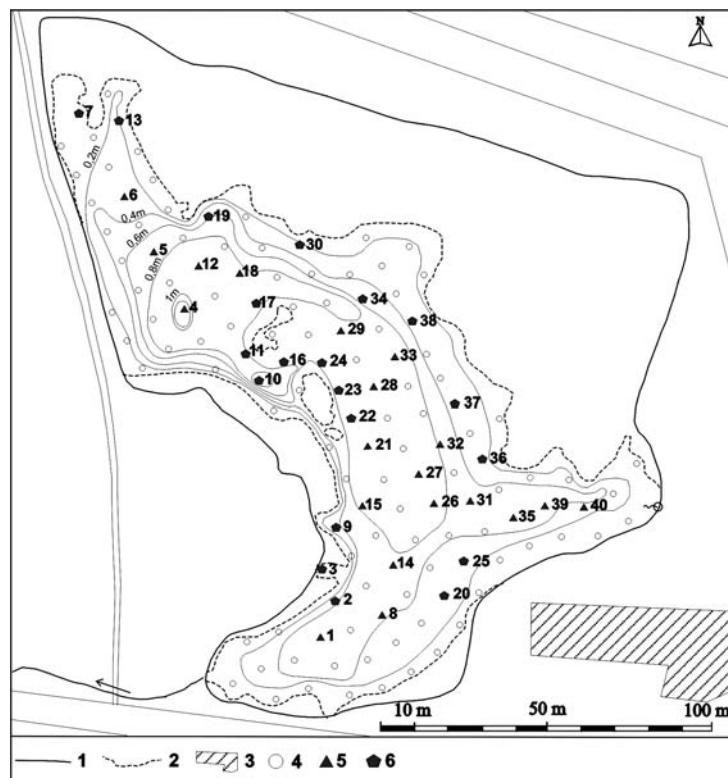
Głównym celem niniejszej pracy jest ustalenie, w jakim stopniu zespoły makroszczątków karpologicznych zachowane w stropowej warstwie osadów odzwierciedlają współczesną wegetację roślin wodnych. Starano się także rozpoznać nowe i zweryfikować już sygnalizowane, pomocne w interpretacji paleolimnologicznej, zależności pomiędzy współczesnymi fitoceno-

zami a rozmieszczeniem i liczebnością szczątków karpologicznych. W porównaniu z poprzednimi pracami przedstawione wyniki dotyczą relacji panujących w bardzo płytkim obiekcie, który ze względu na rozwój i przestrzenną strukturę roślinności mógłby reprezentować wczesne lub terminalne etapy funkcjonowania niektórych dawnych zbiorników.

## WYBÓR I CHARAKTERYSTYKA BADANEGO ZBIORNIKA

Do badań wybrano płytki antropogeniczny zbiornik wodny położony w południowej Polsce w miejscowości Sławków (rys. 1). Charakteryzuje się on znacznym zróżnicowaniem roślinności wodnej i występowaniem dużej populacji obecnie rzadkich (KŁOSOWSKI, KŁOSOWSKI, 2006), a często reprezentowanych w późnopleistocenijskich i holocenijskich osadach *Hippuris vulgaris* i *Sparganium minimum*. Zbiornik powstał w zagłębieniu dawnego starorzecza rzeki Białej Przemszy

po zalaniu spowodowanym zablokowaniem odpływu wód niewielkiego źródła. Misa zbiornika ma powierzchnię około 2,45 ha, z czego na otwarte lustro wody przypada około 1,2 ha. Rzeźba dna jest dość mocno złagodzona przez nagromadzoną warstwę osadów. Niewielkie, ale stałe zasilanie ze źródła zapewnia niezmienny poziom wody, nie wpływając jednocześnie na transport nasion. Zbiornik jest osłonięty wysokim nasypem i drzewami, a bardzo zróżnicowana linia pasa szuwarów dodatkowo osłabia działanie wiatru. Z uwagi na zamulenie dna i niedostępność brzegów, zbiornik nie podlega bezpośredniej presji człowieka, mogącej wpływać na rozprzestrzenianie się diaspor oraz mieszanie stropowej warstwy osadów. Elementami jego biocenozy, mogącymi mieć wpływ na dyspersję nasion, są jednak występujące tu ryby i roślinozerne ptaki wodne, do których należą: *Anas platyrhynchos*, *Fulica atra*, *Gallinula chloropus* czy *Cygnus olor*.



Rys. 1. Plan batymetryczny zbiornika i rozmieszczenie punktów poboru osadów:

- 1 – zasięg misy zbiornika, 2 – zasięg roślinności szuwarowej, 3 – zabudowania, 4 – punkty oceny procentowego pokrycia roślinnością, 5 – próby reprezentujące centralną część misy, 6 – próby reprezentujące strefę brzegową

Fig. 1. Bathymetric plan of reservoir and distribution of deposit sampling points:

- 1 – extent of reservoir bowl, 2 – extent of rush vegetation, 3 – buildings, 4 – points of evaluation of vegetation percentage coverage, 5 – samples representing the central part of bowl, 6 – samples representing the near shore zone

## MATERIAŁ I METODY

Badania składu gatunkowego, liczebności gatunków i ich rozmieszczenia prowadzono w przez trzy sezony

w latach 2006–2008. W obrębie tafli wody co 10 m wyznaczono 14 transektów (rys. 1). Na każdym z nich co 10 m określono punkt kontrolny, obejmujący obszar o promieniu 1 m. Skład gatunkowy badano w po-

łowie lipca każdego roku, wykonując spisy florystyczne. Jednocześnie ze spisem florystycznym prowadzona była ocena liczebności gatunków, do której zastosowano skalę częstości DAFOR (PALMER, BELL, BUTTERFIEL, 1992). W 2008 roku dokonano oceny procentowego pokrycia w wyznaczonych punktach kontrolnych, stosując skalę Braun-Blanqueta (PAWŁOWSKI, 1977). W przypadku zajmujących niewielką powierzchnię płatów *Potamogeton natans* i *Polygonum amphibium* oraz w przypadku *Characeae*, w miejscach ich występowania punkty kontrolne wyznaczono co 5 m. Do grupy roślin zanurzonych i roślin o liściach pływających, z uwagi na występowanie licznej populacji osobników całkowicie zanurzonych, zaliczono także *Sparganium minimum*. Nazewnictwo taksónów przyjęto według opracowania MIRKA et al. (1995).

W 2008 r. w wybranych punktach kontrolnych za pomocą chwytacza rurowego (zmodyfikowana wersja próbnika typu Kajak) pobrano 40 prób stropowej (2 cm) warstwy osadów. Mimo że precyzyjne oznaczenie wieku osadów nie było możliwe, przyjęto za doświadczeniami innych autorów (DIEFFENBACHER-KRALL, HALTEMAN, 2000; ZHAO et al., 2006), że warstwa ta będzie reprezentować współczesną roślinność. Próby dobierano tak, aby reprezentowały strefę brzegową, centralną część misy zbiornika i niewielkie zagłębienia dna. Objętość prób przeznaczonych do analizy makroszczątkowej wynosiła 100 cm<sup>3</sup>. W celu separacji szczątków karpologicznych, świeży osad płukano przy użyciu sita o oczkach 0,2 mm. Uzyskane w ten sposób okazy oznaczano za pomocą mikroskopu stereoskopowego. Podczas oznaczania szczątków karpologicznych wykorzystywano specjalistyczne klucze i atlasy (m. in. CAPPERS, BEKKER, JANS, 2006).

Analizowane próby osadów podzielono na 2 serie po 20 prób, reprezentujących osady strefy brzegowej (pobierane w odległości mniejszej niż 5 m od zwanego pasa szuwarów) i centralnej części misy. W celu wskazania punktów o istotnej statystycznie koncentracji szczątków karpologicznych w przypadku gatunków, dla których było to możliwe, zastosowano metodę K. Doi (RUNGE, 2006), pozwalającą na wyznaczanie elementów dominujących. Obliczono także współczynnik podobieństwa według wzoru zaproponowanego przez SØRENSENA (1948) dla składu gatunkowego fitocenoz współczesnej roślinności i gatunków reprezentowanych w zespołach makroszczątków.

## WYNIKI

Monitoring zmian zachodzących w roślinności zbiornika wykazał, że skład gatunkowy fitocenoz budowanych przez rośliny zanurzone i o liściach pływających zmieniał się w poszczególnych sezonach wegetacyjnych w niewielkim stopniu (tab. 1). Ogółem w trakcie badań stwierdzono tu występowanie 9 gatunków roś-

lin naczyniowych i ramienic *Characeae*, z których 5 i ramienice były obecne w zbiorniku podczas wszystkich sezonów (tab. 1). Największą stabilnością wykazały się populacje najliczniej reprezentowanych gatunków.

Szczątki karpologiczne roślin wodnych występowały w 82,5% prób (rys. 2). Ogółem zidentyfikowano w nich nasiona 5 gatunków roślin naczyniowych i oospory *Characeae*. Stanowi to reprezentację 60% rosnących współcześnie w zbiorniku gatunków roślin wodnych. Współczynnik podobieństwa obliczony dla składu gatunkowego fitocenoz współczesnej roślinności i gatunków reprezentowanych w zespołach makroszczątków wynosi 0,75. Wśród makroszczątków zdecydowanie dominowały oospory *Characeae*. Odnaleziono je aż w 87,9% prób rozproszonych po całym zbiorniku, jednak ich wyraźna koncentracja miała miejsce w próbach zlokalizowanych w sąsiedztwie płatów macierzystej roślinności (rys. 2). Spośród roślin naczyniowych najliczniejsze były nasiona *Hippuris vulgaris*. Wystąpiły one w 78,6% prób. Bardzo słabo w stosunku do współczesnego pokrycia reprezentowana była *Sparganium minimum*. Rozmieszczenie i liczebność diaspor w poszczególnych punktach przedstawia rys. 2.

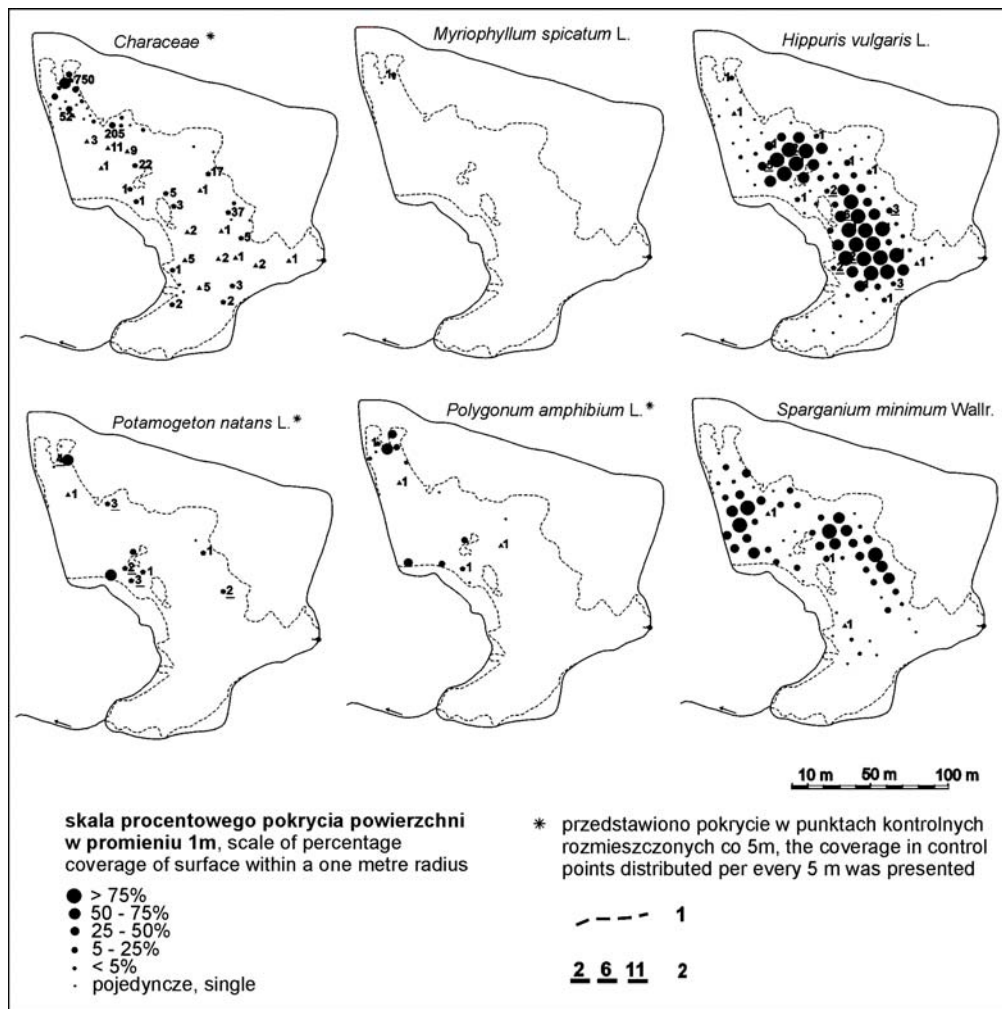
## DYSKUSJA

Dotychczas prowadzone badania relacji pomiędzy zespołami makroszczątków a współczesną roślinnością (np. BIRKS, 1973; DUNWIDDIE, 1987; DIEFFENBACHER-KRALL, HALTEMAN, 2000; ZHAO et al., 2006; KOFF, VANDEL, 2008), a także badania banków nasion (np. COMBROUX et al., 2001) pokazały, że zespoły nasion generalnie dobrze odzwierciedlają skład gatunkowy macierzystych fitocenoz. Prezentowane wyniki również skłaniają do podobnych wniosków. W badanym zbiorniku poziom reprezentacji nasion roślin wodnych zbliżony jest do stwierdzonego przez KOFF i VANDEL (2008) dla jezior Juusa i Viitna (50%) i wykazywanego (40%) przez DAVIDSON et al. (2005) dla roślinności jeziora, w którym badany był zapis ostatnich 250 lat wegetacji. Jest on jednak znacznie wyższy niż stwierdzony przez ZHAO et al. (2006) dla akwenu Green Plantation Pond (16%). Jednymi z najważniejszych przyczyn tych rozbieżności są m. in. liczebność poszczególnych gatunków i odmienny skład fitocenoz funkcjonujących w tych zbiornikach. Różnice te stanowią dobrą ilustrację różnych w poszczególnych fitocenozach potencjalnych możliwości tworzenia bogatych zespołów szczątków. Brak w badanych próbach reprezentacji *Ceratophyllum demersum*, *Batrachium circinatum*, *Potamogeton pectinatus* i *P. crispus* oraz niewielką liczbę diaspor *Polygonum amphibium* czy *Myriophyllum spicatum* (tab. 1 i rys. 2) wiązać należy z ich niewielkim udziałem w tworzeniu współczesnych fitocenoz zbiornika.

Tabela 1. Liczebność populacji roślin (wg skali DAFOR) i szczątków karpologicznych w osadach badanego zbiornika.

Table 1. Numerical amount of plant population (according to DAFOR scale) and carpological remains in deposits of reservoir investigated

Gatunek	Liczebność			Makroszczątki w 2008 roku		
	2006	2007	2008	Liczba diaspor ogółem	Liczba prób	Próby strefy brzegowej %
<i>Characeae</i>	1	1	1	1150	28	91,7
<i>Batrachium circinatum</i>	+	0	+	-	-	-
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0	0	+	-	-	-
<i>Hippuris vulgaris</i>	3	4	4	39	22	59,0
<i>Myriophyllum spicatum</i>	+	+	+	1	1	100,0
<i>Polygonum amphibium</i>	1	+	1	4	4	50,0
<i>Potamogeton crispus</i>	0	+	0	-	-	-
<i>Potamogeton natans</i>	+	+	1	17	8	94,1
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0	+	+	-	-	-
<i>Sparganium minimum</i>	3	3	3	3	3	33,4
Ogółem bez oospor <i>Characeae</i>				64		



Rys. 2. Współczesne pokrycie i rozmieszczenie szczątków karpologicznych wybranych gatunków roślin wodnych: 1 – zasięg roślinności szuwarowej, 2 – próby o statystycznie istotnej koncentracji diaspor (analiza testem K. Doi, wg RUNGE, 2006)

Fig. 2. Contemporary coverage and distribution of carpological remains of the selected species of aquatic plants: 1 – extent of rush vegetation, 2 – samples of statistically significant concentration of diaspor (analysis by means of test K. Doi, after RUNGE, 2006)

Inaczej należy interpretować zdecydowaną dominację wśród odnalezionych oospor *Characeae*, które również są słabo reprezentowane we współczesnej roślinności. Nadreprezentacja ta, wykazywana w wielu innych pracach (np. KAUTSKY, 1990; STEINHARDT, SELIG, 2007), wynika z bardzo dużej produkcji oospor przez te glony (np. BONIS, GRILLAS, 2002) i tworzenia obfitego ich banku w osadach (np. VAN DEN BERG, 1999). Porównanie liczby diaspor roślin naczyniowych prawidłowo wskazuje na *Hippuris vulgaris* jako gatunek dominujący (tab. 1). Jednak wynik ten jest prawdopodobnie konsekwencją z jednej strony słabo reprezentowanej z powodu wyjątkowo małej w badanym zbiorniku liczby owocujących okazów *Sparganium minimum* (w sezonie 2007 obserwowano około 30 kwitnących osobników), a z drugiej bardzo niewielkiego udziału innych bardziej produktywnych gatunków. Słaba w stosunku do współczesnego pokrycia reprezentacja *H. vulgaris* ale i *S. minimum* (rys. 2) wynika także z faktu, że są to gatunki wieloletnie, które charakteryzuje ogólnie niska produkcja nasion i preferencja rozmnażania wegetatywnego. W analizowanym zbiorniku dodatkową przyczyną ogólnie niewielkiej produkcji nasion przez fitocenozy *Hippuris vulgaris* jest prawdopodobnie znaczny udział formy *submersa*. Przewaga rozmnażania wegetatywnego i zdolność do tworzenia rozległych fitocenz przez tę formę mogą być najważniejszą przyczyną tego, że *Hippuris vulgaris* w analizach makroszcątkowych reprezentowana jest z reguły przez pojedyncze nasiona (np. BIRKS, 2000; BOYD, 2007). Rzadko w 100 cm<sup>3</sup> osadu znajduje się ich kilka (VAN DER HAM et al., 2008; WOHLFARTH et al., 2006), a sporadycznie więcej niż 10 (BITTMANN, 2007). Zakładając dodatkowo, że w innych zbiornikach niektóre gatunki mogące współwystępować z *Hippuris vulgaris* produkują znacznie więcej nasion dobrze zachowujących się w osadach, szacowanie udziału *H. vulgaris* w przeszłych fitocenzach staje się problematyczne i może prowadzić do niedoceniań jej roli. W ocenach takich nie pomaga jednocześnie prowadzona analiza palinologiczna, ponieważ pyłek tego gatunku często jest reprezentowany w osadach bardzo nielicznie, a czasem brak go zupełnie, nawet jeśli odnajduje się kilka zachowanych nasion (WOHLFARTH et al., 2006).

Generalnie przyjmuje się, że w jeziorach najlepszym miejscem do poboru osadów na potrzeby analizy makroszcątków jest strefa płytkiego litoralu w pobliżu brzegu (TOBOLSKI, 2000; BIRKS, 2007). Gromadzą się tam często szybko tonące nasiona roślinności zanurzonej (BIRKS, 1973) i w większości pływające nasiona roślinności szuwarowej oraz Nympheidów (SCULTHORPE, 1967). Potencjalne możliwości przemieszczania się z pomocą wiatru pływających nasion niektórych gatunków ograniczone są tylko kształtem misy zbiornika i rozmieszczeniem roślinności wynurzonej, której skupiska ograniczają dyspersję dryfujących nasion i przechwytyjąc je mogą powodować ich koncentrację w rejonie występowania macierzystych roślin. W niewielkich płytkich zbiornikach wodnych wpływ zwartych płatów roślin zanurzonych, które sięgają po-

wierzchni wody i roślinności szuwarowej na dyspersję pływających nasion jest szczególnie istotny dla interpretacji wyników, ponieważ zbiorniki takie z reguły charakteryzują się występowaniem dobrze rozwiniętej roślinności. Dobrą ilustracją wpływu roślinności wynurzonej na rozprzestrzenianie się pływających diaspor jest w badanym zbiorniku rozmieszczenie endokarpów *Potamogeton natans* (rys. 2). Wszystkie próby z istotną statystycznie koncentracją nasion tego gatunku były zlokalizowane w strefie brzegowej tej części zbiornika, gdzie funkcjonują współczesne jego fitocenozy. Swobodnemu ich przemieszczaniu zapobiega prawdopodobnie przewężenie w środkowej części misy, dodatkowo mocno porośnięte zwartymi płatami *Hippuris vulgaris*, której pędy latem wyrastają tu nad powierzchnię. Podobnie zależna od rozmieszczenia roślinności wynurzonej była lokalizacja prób z pływającymi nasionami *Polygonum amphibium* i *Sparganium minimum* (rys. 2). Położenie macierzystych roślin dobrze odzwierciedlała lokalizacja jedyne go znalezione go nasiona *Myriophyllum spicatum*, mogącego utrzymywać się na powierzchni wody zaledwie kilka godzin (SCULTHORPE, 1967). Lokalizację macierzystych fitocenz dobrze wskazywały także nasiona *Hippuris vulgaris*, które stwierdzono wprawdzie w wielu punktach rozproszonych po całej misie zbiornika punktach, jednak próby z istotną statystycznie ich koncentracją znajdowały się w obrębie płatów współczesnej roślinności w odległości mniejszej niż 10 m od skupisk owocujących okazów. Oospory *Characeae*, mimo że ich większe skupiska występowały tylko w północnej części zbiornika, obecne były w całej jego misie. Jednak, podobnie jak w przypadku płytkiego jeziora Green Plantation Pond (ZHAO et al., 2006), znacznie podwyższona ich koncentracja (powyżej 200/100 cm) notowana była tylko w miejscach współczesnego występowania glonów (rys. 2). Potwierdza to wskaźnikowe znaczenie istotnie podwyższonej koncentracji oospor dla lokalizacji macierzystych fitocenz. Na duże rozproszenie oospor wpływ mają ich niewielkie rozmiary i niska masa. Dzięki nim w tak płytkim zbiorniku, jak badany, mogą być łatwo przemieszczane po pozbawionym roślin dnem nawet wskutek niewielkich ruchów wody, wywołanych aktywnością (pływanie, żerowanie) kaczek i łabędzi lub nawet ryb. Jednak z uwagi na znaczny stopień zarośnięcia dna badanego zbiornika, istotniejszą rolę mogą odgrywać występujące tu i mogące żerować na glonach ptaki: *Anas platyrhynchos*, *Fulica atra*, *Gallinula chloropus* i *Cygnus olor*. Jak wskazują badania (PROCTOR, 1959), oospory tych glonów często przenoszone są w ich przewodach pokarmowych i nieuszkodzone usuwane są w czasie defekacji.

## PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań uzupełniają dotychczasową wiedzę na temat reprezentacji i przestrzennych relacji pomiędzy współczesną roślinnością a zespołami makroszcątków i mogą mieć znaczenie dla interpretacji paleolimnologicznych w płytkich jeziorach.

W pracy wykazano, że w niewielkich płytkich zbiornikach z bogatą roślinnością, przestrzenne rozmieszczenie jej płatów ma kluczowe znaczenie dla dyspersji diaspor. Okazało się także, że ograniczenie możliwości rozpraszania pływających nasion przez rozwijającą się roślinność może w przypadku niedostatecznego opróbowania misy zmniejszyć prawdopodobieństwo wykrycia gatunków, których zasięg w obrębie zbiornika jest ograniczony. Wyniki przeprowadzonych badań dowodzą, że makroszczątki generalnie dobrze reprezentują lokalną vegetację, jednocześnie jednak wskazują na bardzo dużą liczbę czynników wpływających na rozprzestrzenianie się, osadzanie, a później fosylizację szczątków roślin w misie jeziora, co utrudnia interpretacje paleolimnologiczne.

## LITERATURA

- Birks H. H., 1973: Modern macrofossil assemblages in lake sediments in Minnesota. In: Birks H. J. B., West R. G. (eds.): *Quaternary Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 173–189.
- Birks H. H., 1980: Plant macrofossils in Quaternary lake sediments. *Archiv für Hydrobiologie*, 15: 1–60.
- Birks H. H., 2000: Aquatic macrophyte vegetation development in Kråkenes Lake, western Norway, during the late-glacial and early Holocene. *Journal of Paleolimnology*, 23: 7–19.
- Birks H. H., 2001: Plant macrofossils. In: Smol J. P., Birks H. J. B., Last W. M. (eds.): *Tracking Environmental Change using Lake Sediments*, 3: Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators. Kluwer, Dordrecht: 49–74.
- Birks H. H., 2007: Plant macrofossil introduction. In: Elias, S. A. (ed.): *Encyclopedia of Quaternary Science*, 3. Elsevier, Amsterdam: 2266–2288.
- Bittmann F., 2007: Reconstruction of the Allerød vegetation of the Neuwied Basin, western Germany, and its surroundings at 12,900 cal b.p. In: *Vegetation History and Archaeobotany*, 16: 139–156.
- Bonis A., Grillas P., 2002: Deposition, germination and spatio-temporal patterns of charophyte propagule banks: a review. *Aquatic Botany*, 72: 235–248.
- Boyd M., 2007: Early postglacial history of the south-eastern Assiniboine Delta, glacial Lake Agassiz basin. *Journal of Paleolimnology*, 37: 313–329.
- Cappers R. T. J., Bekker R. M., Jans J. E. A., 2006: *Digitale zadenatlas van Nederland (Digital Seed Atlas of the Netherlands)*. Groningen Archaeological Studies, 4: 502 p.
- Combroux I., Bornette G., Willby N. J., Amoros C., 2001: Regenerative strategies of aquatic plants in disturbed habitats: the role of the propagule bank. *Archiv für Hydrobiologie*, 152: 215–235.
- Davidson T. A., Sayer C. D., Bennion H., David C., Rose N., Wade P. M., 2005: A 250 year comparison of historical, macrofossil and pollen records of aquatic plants in a shallow lake. *Freshwater Biology*, 50: 1671–1686.
- Dieffenbacher-Krall A. C., 2007: Plant macrofossil methods and studies. Surface samples, taphonomy, representation. In: Elias S. A., (ed.): *Encyclopedia of Quaternary Science*, 3, Elsevier, Amsterdam: 2367–2374.
- Dieffenbacher-Krall A. C., Halteman, W. A., 2000: The relationship of modern plant remains to water depth in alkaline lakes in New England, USA. *Journal of Paleolimnology*, 24: 213–229.
- Dunwiddie P. W., 1987: Macrofossil and pollen representation of coniferous trees in modern sediments from Washington. *Ecology*, 68: 1–11.
- Gaillard M.-J., Birks, H. H., 2007: *Paleolimnological applications*. W: Elias S. A., (red.), *Encyclopedia of Quaternary Science*, 3, Elsevier, Amsterdam: 2337–2356.
- Hannon G. E., Gaillard, M.-J., 1997: The plant macrofossil record of past lake-level changes. *Journal of Paleolimnology*, 18: 15–28.
- Isarin R. F. B., Bohncke, S. J. P., 1999: Mean July Temperatures during the Younger Dryas in Northwestern and Central Europe as Inferred from Climate Indicator Plant Species. *Quaternary Research*, 51: 158–173.
- Jackson S. T., Charles D. F., 1988: Aquatic macrophytes in Adirondack (New York) lakes: pattern of species composition in relation to environment. *Canadian Journal of Botany*, 66: 1449–1460.
- Kautsky L., 1990: Seed and tuber banks of aquatic macrophytes in the Askö area, northern Baltic proper. *Holarctic Ecology*, 13: 143–148.
- Kłosowski S., Kłosowski G., 2006: *Rośliny wodne i bagienne*, Seria Flora Polski. MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa: 333 s.
- Koff T., Vandell E., 2008: Spatial distribution of macrofossil assemblages in surface sediments of two small lakes in Estonia. *Estonian Journal of Ecology*, 57, 1: 5–20.
- Mirek Z., Piekos-Mirek H., Zajac A., Zajac M., 1995: *Vascular plants of Poland a checklist*. Polish Botanical Studies, Guidebook Series, 15: 308 p.
- Palmer M. A., Bell S. L., Butterfield I., 1992: A botanical classification of standing water in Britain: applications for conservation and monitoring. *Aquatic Conservation* 2: 125–143.
- Pawłowski B., 1977: *Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania*. W: Szafer W., (red.): *Szata roślinna Polski*, T. 1. PWN, Warszawa: 229–279.
- Proctor V. W., 1959: Dispersal of fresh-water algae by migratory birds. *Science*, 130: 623–624.
- Runge J., 2006: *Metody badań w geografii społeczno-ekonomicznej – elementy metodologii, wybrane narzędzia badawcze*. UŚ, Katowice: 327–332.
- Sculthorpe C. D., 1967: *The biology of aquatic vascular plants*. St Martin's Press, New York: 610 p.
- Sørensen T. A., 1948: A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Biologiske Skrifter*, Copenhagen, 5: 1–34.
- Steinhardt T., Selig U., 2007: Estuarine Spatial distribution patterns and relationship between recent vegetation and diaspore bank of a brackish coastal lagoon. *Coastal and Shelf Science*, 74: 205–214.
- Tobolski K., 2000: *Przewodnik do oznaczania torfów i osadów jeziornych*. *Vademecum Geobotanicum*, 2. WN PWN, Warszawa: 508 s.
- Van den Berg M. S., 1999: *Charophyte colonization in shallow lakes: processes, ecological effects and implications for lake management*. Thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam: 138 p.
- Van der Ham R. W. J. M., Kuijper W. J., Kortselius M. J. H., Van der Burgh J., Stone G. N., Brewer J. G., 2008: Plant remains from the Kreftenheye Formation (Eemian) at Raalte. The Netherlands. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17: 127–144.
- Wainman N., Mathewes R. W., 1990: Distribution of plant remains in surface sediments of Marion Lake, south-

- western British Columbia. *Canadian Journal of Botany*, 68: 364-373.
- Wohlfarth B., Tarasov P., Bennike O., Lacourse T., Subetto D., Torssander P., Romanenko F., 2006: Late Glacial and Holocene palaeoenvironmental changes in the Rostov-Yaroslavl' area, West Central Russia. *Journal of Paleolimnology*, 35: 543-569.
- Zhao Y., Sayer C. D., Birks H. H., Hughes M., Peglar S. M., 2006: Spatial representation of aquatic vegetation by macrofossils and pollen in a small and shallow lake. *Journal of Paleolimnology*, 35: 335-350.