

PRÓBA OCENY PRZEKSZTAŁCEŃ ŚRÓDPOLNYCH OCZEK WODNYCH W OBRĘBIE WYBRANEGO AGROEKOSYSTEMU RÓWNINY WELTYŃSKIEJ

Paweł PIĘNKOWSKI, Renata GAMRAT, Michał KUPIEC

Akademia Rolnicza w Szczecinie, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska

Słowa kluczowe: krajobraz młodoglacjalny, oczka wodne, Równina Weltyńskiej

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki analizy zmian występowania oczek śródpolnych w okresie ostatniego stulecia, przeprowadzonej na podstawie archiwalnych map topograficznych z 1900 r. oraz 1975 r., a także prac terenowych wykonanych w 2000 r. Analizą objęto obszar o powierzchni 3,4 km², położony na Równinie Weltyńskiej, między Jeziorem Weltyńskim (2,8 km²) i Jeziorem Górnym (0,4 km²). Oceniono fizjocenotyczne zmiany krajobrazu wynikające z zanikania śródpolnych oczek wodnych z zastosowaniem programów GIS i wskaźników geostatystycznych. Podjęto również próbę obiektywnej oceny wyboru zbiorników do renaturyzacji. Przedstawiono ponadto wyniki badań florystyczno-fitosocjologicznych roślinności śródpolnych oczek wodnych.

WSTĘP

Oczka śródpolne są ważnym elementem krajobrazu polodowcowego, warunkującym m.in. zachowanie bioróżnorodności agroekosystemów. Przyspieszone procesy łądowienia, związane głównie z intensyfikacją rolnictwa, spowodowały jednak zanik większości małych zbiorników na Pomorzu [PIĘNKOWSKI, 1996; 2000]. Do zachowania bioróżnorodności w krajobrazie rolniczym konieczna jest zatem ich ochrona, a w niektórych przypadkach odtworzenie, zwłaszcza gdy wyschnięcie

Adres do korespondencji: dr P. Pieńkowski, Akademia Rolnicza, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin; tel. +48 (91) 425-02-36, e-mail: srodowisko@agro.ar.szczecin.pl

obiektu spowodowało przerwanie łączności między sąsiednimi, większymi biotopami otwartych wód powierzchniowych. Małe zbiorniki wodne pełnią rolę tzw. „wysp przystankowych” w obrębie obszarów ubogich w wody powierzchniowe, które mogą tworzyć korytarze ekologiczne między większymi zespołami otwartych wód powierzchniowych. Należy im przypisać znacznie większe znaczenie fizjocenotyczne w porównaniu ze zbiornikami położonymi na obszarach obfitujących w inne typy wód powierzchniowych.

Typowanie obiektów do restytucji wymaga jednak wielu studiów z zakresu ekologicznych wymagań gatunków flory i fauny, związanych ze środowiskiem wodnym. Zarysowuje się również potrzeba obiektywnej oceny biotopów wodnych pod kątem ich wzajemnego położenia względem innych elementów krajobrazu. Dlatego też celem pracy była próba oceny zmian fizjocenotycznych i biocenotycznych, które zaszły na obszarze analizowanego agroekosystemu w wyniku zmian w rozmieszczeniu małych zbiorników wodnych.

Do analizy wykorzystano systemy informacji geograficznej (GIS) oraz programy do obliczeń mierników statystyki przestrzennej (CrimeStat i Fragstats).

MATERIAŁ I METODY

Analizę występowania oczek przeprowadzono na podstawie materiałów kartograficznych (mapy topograficzne w skali 1:25000 z lat 1900 i 1975) oraz oceny stanu zbiorników, dokonanej w terenie w 2000 r. Kontury wszystkich obiektów wodnych zdigitalizowano w programie ArcInfo, a następnie dokonano analizy buforowania (wyznaczenie obszaru o zadanej odległości od buforowanego obiektu) od brzegów zbiorników wodnych. Powierzchnie buforów w zależności od przyjętej ekwidystanty mogą np. odpowiadać teoretycznej rocznej przestrzeni życiowej poszczególnych gatunków płazów lub symulować możliwe drogi migracyjne [BLASCHKE, 1997; JEDICKE, 1991].

Analizę rozkładu przestrzennego oczek wodnych wykonano za pomocą programu CrimeStat [LEVINE, 2000]. Regularność rozkładu obiektów oceniono na podstawie analizy najbliższego sąsiedztwa (ang. „nearest neighbour analysis”) [EARICKSON, HARLIN, 1994], polegającej na obliczeniu średniej odległości między najbliższymi leżącymi punktami pomiarowymi, a następnie jej porównaniu z odległością teoretyczną [MAGNUSZEWSKI, 1999].

Średnią odległość do najbliższego sąsiada (ang. „nearest neighbour distance”) $d(NN)$ obliczono na podstawie wzoru:

$$d(NN) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{d_i}{N} \right) \quad (1)$$

gdzie:

N – liczba punktów, m;

d_i – odległość kolejnego punktu i do najbliższego sąsiada, m.

Wskaźnik najbliższego sąsiedztwa (ang. „nearest neighbour index”) NNI obliczono zgodnie ze wzorem:

$$NNI = 2 \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{N \sqrt{\left(\frac{A}{N}\right)}} \quad (2)$$

gdzie:

A – powierzchnia obszaru, m²;

N, d_i – jak we wzorze (1).

Wskaźnik połączeń (ang. „connectance index”) C obliczono z wykorzystaniem programu Fragstats na podstawie map wykonanych w programie Idrisi.

$$C = \left[\frac{\sum_{j=k}^n c_{ijk}}{n_i(n_i - 1)} \right] 100\% \quad (3)$$

gdzie:

c_{ijk} – połączenie pomiędzy płatem j oraz płatem k , należącymi do tej samej klasy i w podanym przez użytkownika promieniu szukania (0 – brak połączenia, 1 – połączone);

n_i – liczba płatów danej klasy w obrębie obszaru badań.

Na podstawie tego wskaźnika można ocenić możliwość połączeń między płatami należącymi do jednej klasy użytkowania w obrębie określonego bufora [MCGARIGAL i in., 2002]. Przyjmuje on wartości od 0 (gdy klasa składa się tylko z jednego płata lub w szukanej odległości brak „połączeń”) do 100 (gdy wszystkie płaty danej klasy mają między sobą „połączenia”).

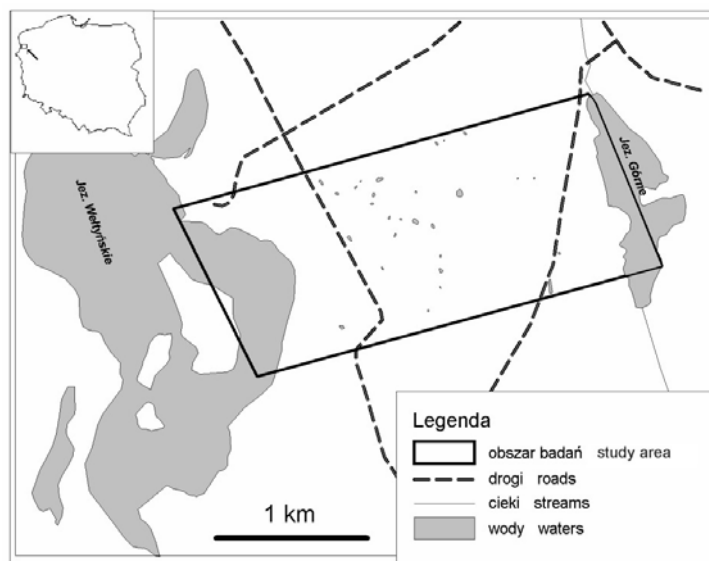
Przeprowadzono również badania florystyczno-fitosocjologiczne szaty roślinnej oczek. Wykonano 30 spisów florystycznych oraz 45 zdjęć fitosocjologicznych. Nazewnictwo gatunków oraz grup syntaksonomicznych podano za RUTKOWSKIM [1998], a klasyfikację fitosocjologiczną zbiorowisk według MATUSZKIEWICZA [2001].

OBSZAR BADAŃ

Badany agroekosystem znajduje się na falistej wysoczyźnie morenowej Równiny Wełtyńskiej. Równina ta wraz z Równiną Nowogardzką i pasem pojezierzy Pomorza Zachodniego należy do obszarów, gdzie zanikło najwięcej oczek wodnych [PIEŃKOWSKI, 2004].

Równina Wełtyńska jest falistą wysoczyzną morenową, na której w porównaniu z pasem pojezierzy jest większy udział glin lekkich [BOROWIEC, 1984]. Między zbiornikami występują gleby utworzone z piasku gliniastego mocnego na glinie, a w profilach wyschniętych oczek, obecnie przejętych pod grunty orne, glina zwałowa, na której znajdują się gliny próchniczne. Występują ponadto warstwy mułków, świadczące o warunkach wodnych panujących w trakcie wypełniania się mis zagłębień osadami.

Do analizy dynamiki zmian śródpolnych oczek wodnych wybrano jednolity pas pól o powierzchni $3,4 \text{ km}^2$, leżący w strefie wododziałowej między Jeziorem Wełtyńskim (pow. $2,8 \text{ km}^2$) a Jeziorem Górnym (pow. $0,4 \text{ km}^2$), położonym na południe od miejscowości Gardno (rys. 1). Na obszarze wybranym do badań występuje duże zagęszczenie oczek wodnych. Zagęszczenie to na całej Równinie Wełtyńskiej w końcu XIX w. wynosiło $1,6$ na 1 km^2 , a w drugiej połowie XX w. zmniejszyło się do $0,9$ na 1 km^2 . W obrębie badanego obszaru w końcu XIX w. wynosiło ono $5,6$ na 1 km^2 , a w 2000 r. – $3,2$ na 1 km^2 . W oczkach istniejących pod koniec XX w. lustro wody występowało w ciągu całego roku.



Rys. 1. Usytuowanie obszaru badań

Fig. 1. Location of the study area

WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

OCENA PRZEKSZTAŁCEŃ I ZMIAN W ROZMIESZCZENIU OCZEK WODNYCH

Z 19 oczek śródpolnych, które występowały pod koniec XIX w. w obrębie analizowanego obszaru, do lat 80. XX w. pozostało 14 obiektów, a 5 całkowicie zniknęło (tab. 1). Ze względu na powstanie w tym okresie 4 nowych zbiorników łączna liczba oczek w latach 70. XX w. wynosiła 18. Największe zmiany zaszły między rokiem 1975 a 2000, kiedy zniknęło kolejnych 7 oczek.

Tabela 1. Przekształcenia śródpolnych oczek wodnych od końca XIX w.

Table 1. Midfield ponds transformations since the end of the 19th c.

Lata Years	Oczka przekształcone w grunty orne Ponds transformed into fields	Oczka przekształcone w łąki lub mokradła ¹⁾ Ponds transformed into meadows or wetlands ¹⁾	Oczka przetrwane z końca XIX w. Ponds remained from the 19 th c.	Oczka nowo powstałe Newly formed ponds	Łączna liczba oczek wodnych Total number of ponds
1975	5	0	14	4	18
2000	10	9	7	4	11

¹⁾ Mokradła obejmują obszary zaznaczone na mapach jako podmokłe łąki lub bagna.

¹⁾ Wetlands mean areas marked on maps as wet meadows or swamps.

Zróznicowanie liczby oczek w ciągu stu lat odzwierciedla wprawdzie ogólną tendencję przemian zbiorników na badanym obszarze, nie uwzględnia jednak zmian we wzajemnym położeniu obiektów, czego konsekwencją może być przetrwanie przestrzennych połączeń między zbiornikami.

Przyjmując założenie, że oczka wodne są obiektami punktowymi, za ogólny miernik odległości między zbiornikami można uznać średnią odległość do najbliższego sąsiada, a za miernik charakteryzujący rozproszenie obiektów – wskaźnik *NNI*. Na obszarze badań średnia odległość do najbliższego oczka w 1900 r. wynosiła 202,5 m, w latach 70. XX w. nieznacznie się zwiększyła, natomiast w 2000 r. zmniejszyła do 79,7 m (tab. 2). Wiązało się to głównie ze zmianą równomierności rozproszenia obiektów. Pod koniec XX w. wskaźnik *NNI* wynosił 1,2, co wskazuje, że w tym okresie rozproszenie obiektów było równomierne (zbliżone do losowego), natomiast sto lat później oczka występowały w formie wyraźnych skupień (*NNI* = 0,74).

Zakładając, że oczka w obrębie badanego obszaru stanowiły „wyspy przystankowe” między brzegami jezior, zaistniałe zmiany mogły negatywnie wpłynąć na możliwości migracji organizmów związanych z biotopami otwartych wód powierzchniowych. W tabeli 2. uwzględniono również wskaźniki dla hipotetycznego stanu, po renaturyzacji dwóch zbiorników, co omówiono w dalszej części artykułu.

Tabela 2. Charakterystyka zagęszczenia oczek wodnych**Table 2.** Indexes characterising ponds density

Lata Years	Średnia odległość do najbliższego sąsiada	Teoretyczna średnia odległość	Wskaźnik <i>NNI</i> Index <i>NNI</i>
	Mean distance to the nearest neighbour	Expected mean distance	
	m		
1900	202,5	168,3	1,2
1975	203,7	170,2	1,2
2000	79,7	107,7	0,7
2000 ¹⁾	198,5	186,8	1,1

¹⁾ Stan w roku 2000 wraz z dwoma hipotetycznie odnowionymi zbiornikami.

¹⁾ State for the year 2000 with two hypothetically restored ponds.

Przedstawione wskaźniki opisują wzajemne relacje przestrzenne między oczkami wodnymi, nie charakteryzują natomiast powiązań oczek z linią brzegową sąsiadujących z nimi jezior. Dlatego w celu określenia zmian, które zaszły w powiązaniach przestrzennych między oczkami z uwzględnieniem jezior, wyznaczono strefy buforowe poprowadzone od brzegów wszystkich zbiorników wodnych dla trzech analizowanych okresów w zależności od przyjętej ekwidystanty (tab. 3). Największe zróżnicowanie powierzchni buforów zaobserwowano między latami 1975 a 2001, zwłaszcza gdy ekwidystanty wynosiły od 200 do 400 m. Gdy odległości wynosiły 600 m, nie stwierdzano już różnic między badanymi latami. Podobny przebieg zmian można prześledzić na podstawie analizy wskaźnika *C* (tab.

Tabela 3. Powierzchnia stref buforowych oraz wartość wskaźnika połączeń dla otwartych wód powierzchniowych**Table 3.** Buffer zones area and the connectivity index of surface waters

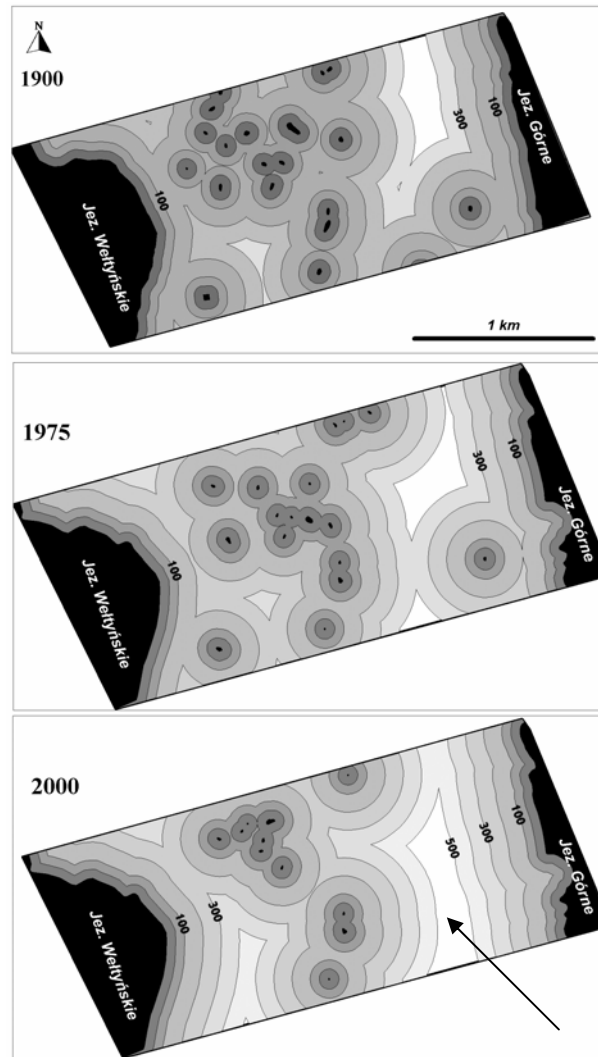
Ekwidystanta Equidistant m	Powierzchnia stref buforowych w latach				Wskaźnik połączeń <i>C</i> w latach			
	Buffer zone area in the years km ²				Connectivity index <i>C</i> in the years			
	1900	1975	2000	2000 ¹⁾	1900	1975	2000	2000 ¹⁾
<50	1,02	0,89	0,82	0,85	1,2	0,8	4,4	2,6
<100	1,57	1,36	1,14	1,23	2,3	5,0	7,6	6,4
<200	2,56	2,35	1,86	2,11	6,4	11,7	15,4	19,2
<300	3,10	3,00	2,49	2,81	17,5	24,1	16,4	28,2
<400	3,35	3,34	2,97	3,25	29,2	35,0	21,9	32,0
<500	3,46	3,46	3,30	3,43	40,9	41,6	21,9	34,6
<600	3,46	3,46	3,46	3,46	42,8	58,2	23,2	44,8

¹⁾ Stan w 2000 r. wraz z dwoma hipotetycznie odnowionymi zbiornikami.

¹⁾ State for the year 2000 with two hypothetically restored ponds.

3). Na podstawie zmian tego wskaźnika między 1975 a 2000 r. stwierdza się również wyraźne zmniejszenie liczby połączeń między oczkami.

Analizowano zmiany powierzchni buforowej między dwoma jeziorami (rys. 2). Największe zmiany w połączeniu zbiorników są widoczne w 2000 r., kiedy ekwidystanta ta wynosi 400 m – zanik jednego z oczek spowodował przerwanie połączenia między Jeziorem Górnym a zgrupowaniem oczek wodnych, położonych pomiędzy jeziorami. W tym okresie występowała grupa siedmiu bardzo blisko siebie położonych oczek, co znalazło odbicie w obliczonych wartościach: średniej odległości do najbliższego sąsiada, wskaźnika najbliższego sąsiedztwa *NNI* oraz

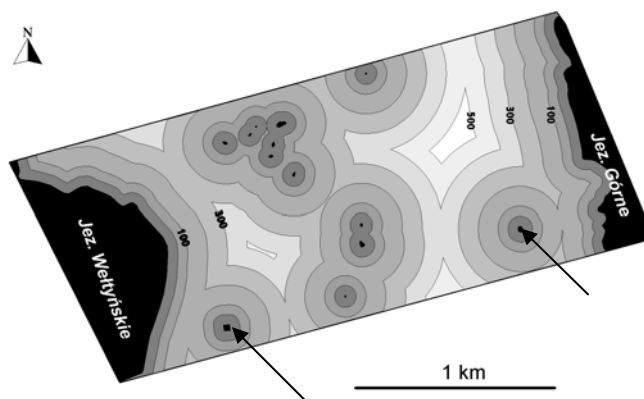


Rys. 2. Strefy buforowe wyznaczone od zbiorników wodnych w latach 1900, 1975, 2000

Fig. 2. Buffer zones of surface waters in the years 1900, 1975, 2000

wskaźnika połączeń. Wydaje się zatem, że przedstawione w pracy wskaźniki mogą być pomocne w typowaniu zanikłych oczek wodnych do renaturyzacji.

Przedstawiono hipotetyczny stan oczek, gdy założy się, że dwa z wytypowanych wyschniętych zbiorników zostały zrenaturyzowane (rys. 3, tab. 2, 3). Po przywróceniu tylko dwóch wyschniętych zbiorników stan połączeń między oczkami i jeziorami był zbliżony do sytuacji w poprzednich okresach.



Rys. 3. Strefy buforowe wyznaczone od zbiorników wodnych dla stanu z 2000 r. wraz z dwoma hipotetycznie odnowionymi oczkami wodnymi (obiekty oznaczone strzałkami)

Fig. 3. Buffer zones of surface waters for the year 2000 state with two hypothetically restored ponds (marked with arrows)

CHARAKTERYSTYKA FLORY I ROŚLINNOŚCI

Największa liczba gatunków roślin, spośród trzech wytypowanych grup oczek, występowała w obiektach funkcjonujących jako zbiorniki wodne we wszystkich badanych okresach (tab. 4). Wyraźnie wyodrębniony był w nich pas roślinności brzegowej z licznymi gatunkami siedlisk łąkowych. Cechowała je ponadto duża liczba gatunków szuwarowych. W suchych lub wilgotnych zagłębieniach, pozostałych po oczkach, dominowały głównie gatunki ruderalne – pospolite w krajobrazie rolniczym. Zanik lustra wody w tych biotopach wpłynął na sukcesję zbiorowisk ruderalnych i łąkowych w miejscu roślinności szuwarowej.

W oczkach nowo powstałych, mimo mniejszej liczby gatunków, liczba gatunków siedlisk wodnych i bagiennych była zbliżona do liczby tych gatunków w trwałych zbiornikach. Występowało tam natomiast mniej gatunków siedlisk łąkowych, co wynikało z braku wykształconego pasa roślinności brzegowej i wiąże się z ich sztucznym pochodzeniem i krótszym okresem rozwoju. Szybkie zasiedlanie tych zbiorników przez roślinność wodno-bagienną, potwierdzone przez wielu

Tabela 4. Liczba gatunków roślin z podziałem na grupy siedliskowe**Table 4.** The number of plant species in different habitat groups

Gatunki siedlisk Species habitats	Liczba gatunków w oczkach wodnych Number of species in ponds		
	przetrwających z XIX w. remained from 19 th c.	przekształconych w łąki i mokradła transformed into meadows and wetlands	nowo powstałych newly formed
Wodnych Aquatic	3	0	4
Szuwarowych Marshlands	27	10	20
Łąkowych Meadows	30	32	12
Zaroślowych Shrubby	12	16	7
Ruderalnych Ruderal	15	42	10
Łącznie Total	87	65	53

autorów [BOLBRINKER, 1988; ZEINER, 1994], powoduje, że zbiorniki te mają walory przyrodnicze zbliżone do walorów oczek polodowcowych.

W oczkach występujących we wszystkich badanych okresach stwierdzono duży udział zbiorowisk wodnych, głównie z rzęsą drobną (*Lemna minor* L.), która występowała także w oczkach nowo powstałych razem z rzęsą trójrowkową (*Lemna trisulca* L.) (tab. 5). Oczka przekształcone w łąki i mokradła cechował brak roślinności typowo wodnej, a z gatunków szuwarowych zachowały się jedynie zespoły tolerujące wysuszenie – *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939 oraz *Phalaridetum arundinaceae* (Koch 1926 n.n.) Libb. 1931. Pozostałe dominujące gatunki tworzyły liczne zbiorowiska ruderalne, szczególnie częste w oczkach przekształconych.

Tabela 5. Udział zbiorowisk roślinnych w badanych oczkach, %**Table 5.** Contribution of plant communities present in ponds, %

Rodzaj zbiorowiska Plant communities	Udział w Contribution in		
	oczkach nowo powstałych newly for- med ponds	oczkach występujących w XIX w. przekształco- nych w łąki i mokradła ponds present in the 19 th c., transformed into meadows and wetlands	oczkach w miej- scach zbiorników występujących w XIX w. ponds remained from the 19 th c.
1	2	3	4
Wodne: Aquatic:			
zb. <i>Lemna minor</i> L.	20	0	85
<i>Lemnetum trisulcae</i> (Kelhofer 1915) Knapp et Stoffers 1962	10	0	0

cd. tab. 5			
1	2	3	4
Szuwarowe: Marshland:			
<i>Phragmitetum australis</i> (Gams 1927) Schmale 1939	10	33	24
zb. <i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	5	0	14
<i>Phalaridetum arundinaceae</i> (Koch 1926 n.n.) Libb. 1931	25	33	33
<i>Sparganietum erecti</i> Roll 1938	10	0	0
<i>Oenantho-Rorippetum</i> Lohm. 1950	10	0	14
<i>Caricetum elatae</i> Koch 1926	0	0	9
<i>Caricetum acutiformis</i> Sauer 1937	0	0	9
Łąkowe: Meadows:			
<i>Lolio-Cynosuretum</i> R. Tx. 1937	0	0	4
zb. <i>Elymus repens</i> (L.) Gould.	75	44	72
<i>Alopecuretum pratensis</i> (Regel 1925) Steffen	10	22	14
<i>Ranunculo-Alopecuretum geniculati</i> R.Tx. 1937	0	0	24
Nitrofilne: Nitrophilous:			
<i>Rudbeckio-Solidaginetum</i> R. Tx. et Raabe 1950	0	22	0
zb. <i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth.	5	33	9
zb. <i>Urtica dioica</i> L.	30	55	24
zb. <i>Cirsium arvense</i> L.	0	0	9
zb. <i>Matricaria perforata</i> Merat	10	0	0
zb. <i>Apera spica-venti</i> (L.) P.B.	15	0	0
<i>Arctio-Artemisietum</i> Oberd. ex Sey- bold et Müller 1972	0	44	14
zb. <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	5	0	0
Mulistych brzegów wód: Muddy banks of waters:			
<i>Rumicetum maritimi</i> Siss. 1946	0	0	19

PODSUMOWANIE

Zanikanie śródpolnych oczek wodnych powoduje m.in. przerwanie funkcjonalnych połączeń między większymi zbiornikami otwartych wód powierzchniowych. Renaturyzację ważnych z ekologicznego punktu widzenia wyschniętych zbiorników wodnych umożliwią – być może – programy rolnośrodowiskowe, mające m.in. na celu ekonomiczne wspomaganie odnowy i zachowania użytków ekolo-

gicznych. Typowanie obiektów do renaturyzacji będzie wymagało obiektywnej przyrodniczej oceny znaczenia danego biotopu, w tym jego położenia względem innych elementów krajobrazu. Do takiej analizy można wykorzystać przedstawione w pracy wskaźniki: najbliższego sąsiedztwa *NNI* i połączeń *C* oraz wyniki analizy buforowania.

Odtworzenie warunków wodnych w obrębie wyschniętych zagłębień bezodpływowych wpłynie również na zwiększenie bioróżnorodności agroekosystemów, gdyż w oczkach wodnych występuje większa liczba gatunków roślin w porównaniu z wyschniętymi suchymi zagłębieniami. Również w nowo powstałych zbiornikach liczba gatunków roślin wodnych i szuwarowych była zbliżona do liczby w zbiornikach istniejących jeszcze w XIX w., co świadczy o ich dużych walorach przyrodniczych, mimo mniejszej liczby gatunków roślin naczyniowych, głównie łąkowych.

LITERATURA

- BLASCHKE T., 1997. Weg von reagierenden Naturschutz? Beispiele der Modellierung von Lebensräumen mit GIS als Grundlage der Bewertung und Planung. W: GIS im Naturschutz. Forschung, Planung, Praxis. Pr. zbior. Red. R. Kratz, F. Suhling. Frank.-Magdeburg: Verlag Wolf Graf von Westarp s. 31-49.
- BOLBRINKER P., 1988. Zur Wiederbesiedlung und Entwicklung der Vegetation in ausgetorften Torfgerstätten ursprünglicher Feldsölle. Botanischer Rundbrief f. d. Bez. Neubrandenburg 20 s. 43-48.
- BOROWIEC S., 1984. Zróżnicowanie przestrzenne ekologicznie ważnych właściwości gleb uprawnych Pomorza Zachodniego a występowanie zbiorowisk chwastów segetalnych. Zesz. Nauk. AR Szczec. 107 Ser. Przyr. 34 s. 21-35.
- EARICSON R., HARLIN J., 1994. Geographic measurement and quantitative analysis. New York: Macmillan College Publishing Company ss. 104.
- JEDICKE E., 1991. Kleinstrukturen, Amphibien und Straßenbau in einer Agrarlandschaft. Isolation durch Strassen und Grundlagen Biotopverbund. Naturschutz Landschaftsplanung 2 s. 78-84.
- LEVINE N., 2000. CrimeStat: A spatial statistics program for the analysis of crime incident locations (version 1.1). Washington: Ned Levine & Associates, Annandale, VA, and the National Institute of Justice ss. 197.
- MCGARIGAL K., CUSHMAN S. A., NEEL M. C., ENE E., 2002. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps. Amherst, Computer software programs produced by the authors at the University of Massachusetts. www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html
- MAGNUSZEWSKI A., 1999. GIS w geografii fizycznej. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 187.
- MATUSZKIEWICZ W., 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa: Wydaw. Nauk PWN ss. 540.
- PIEŃKOWSKI P., 1996. Przekształcenia oczek wodnych na przykładzie północnej części Równiny Wełtyńskiej. Zesz. Nauk. AR Szczec. Ser. Rol. 63 s. 37-41.
- PIEŃKOWSKI P., 2000. Disappearance of ponds in the younger pleistocene landscapes of Pomerania. J. Water Land Develop. 4 s. 55-68.
- PIEŃKOWSKI P., 2004. Analiza rozmieszczenia oraz zmian w występowaniu oczek wodnych na obszarze Polski północno-zachodniej od końca XIX do drugiej połowy XX w. Rozpr. AR Szczec. 222 ss. 123.

- RUTKOWSKI L., 1988. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski Niżowej. Warszawa: PWN ss. 812.
- ZEINER S., 1994. Untersuchungen von drei neuangelegten Feuchtbiotopen im Nördlichen Weinviertel. Wien: Universität für Bodenkultur. Diplomarbeit rkps.

Paweł PIEŃKOWSKI, Renata GAMRAT, Michał KUPIEC

**EVALUATION OF TRANSFORMATIONS OF MIDFIELD PONDS
IN AN AGROECOSYSTEM ON WELTYŃ PLAIN**

Key words: agricultural landscape, midfield ponds, Weltyń Plain

S u m m a r y

The paper presents results of a study on changes in the occurrence of midfield ponds in the last century, based on topographical maps from the years 1900, 1975 and on field survey conducted in the year 2000.

To analyse changes in the dynamics of midfield ponds an area of 3.4 km² between two large reservoirs – Weltyń Lake (2.8 km²) and Górze Lake (0.4 km²), situated south of Gardno has been selected. To estimate spatial connections between reservoirs in order to select dried objects for restoration, buffer analysis, nearest neighbour statistics and C rate (connectivity index) has been proposed.

Additionally, floristic analyses were made in the year 2000. These demonstrated the importance of midfield ponds (including new midfield ponds) for biodiversity of agroecosystems.

Recenzenci:

prof. dr hab. Janusz Gotkiewicz

prof. dr hab. Henryk Greinert

Praca wpłynęła do Redakcji 15.01.2004 r.

