

ORGANIZMY STREFY PELAGICZNEJ, LITORALNEJ I GŁĘBINOWEJ WYBRANYCH ZBIORNIKÓW POWYROBISKOWYCH W ŁUKU MUŻAKOWSKIM

BARTŁOMIEJ NAJBAR*

1. Wstęp

Zbiorniki powyrobowiskowe w rejonie Tuplic, Trzebiela i Łęknicy (rys. 1) powstały w wyniku wydobycia węgla brunatnego systemem podziemnym i odkrywkowym w okresie od drugiej połowy XIX w. do roku 1974. Towarzyszący pokładowi węgla piryt był przyczyną zakwaszenia ich wód, już na etapie powstawania zbiorników (Jędrzak 1992).

Pierwsze skąpe informacje o składzie chemicznym wód zbiorników pokopalnianych podał Kozacki (1976), wskazując na silne ich zakwaszenie, zaś obszar na którym one się znajdują nazwał "pojezierzem antropogenicznym".

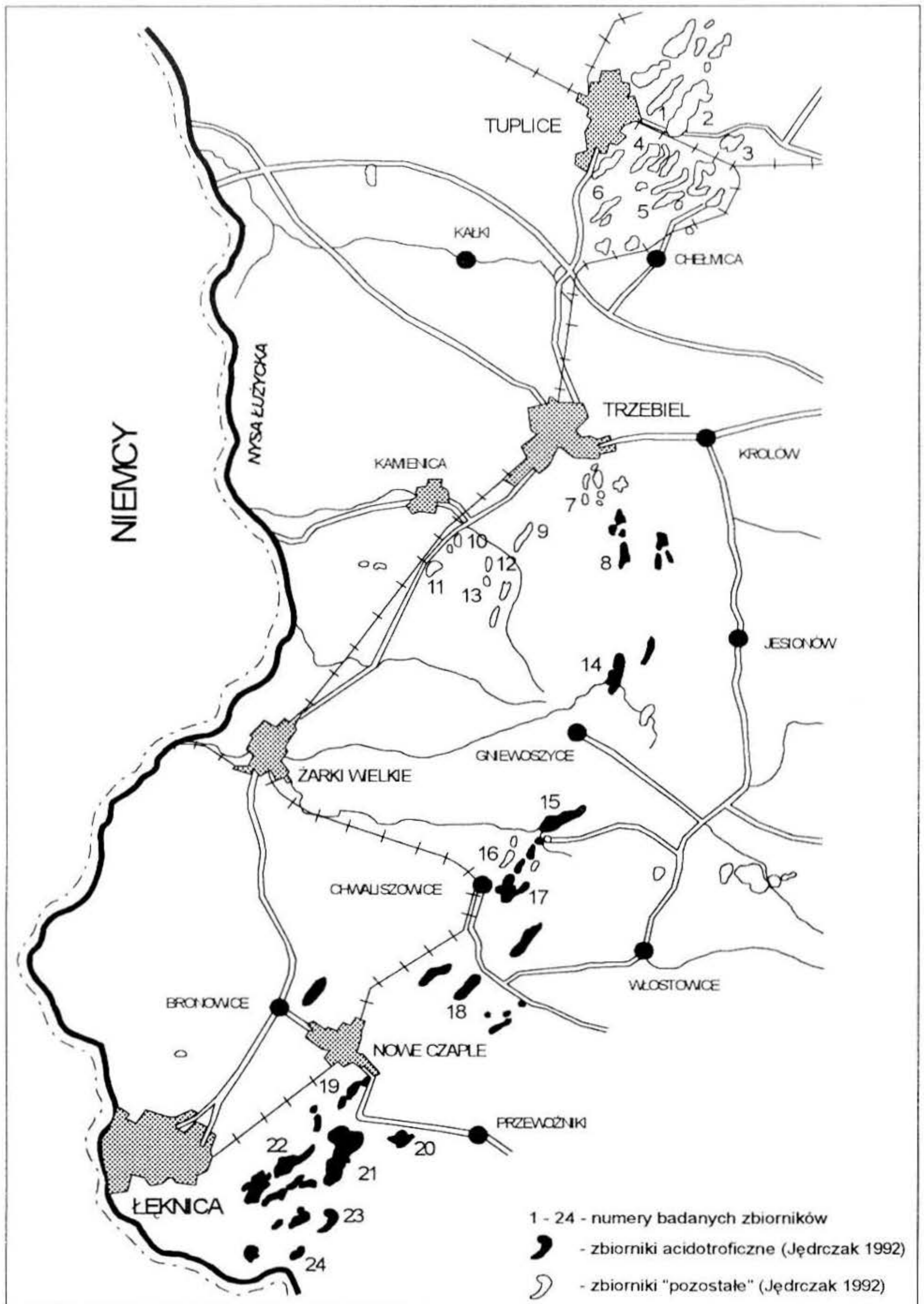
Zainteresowanie "pojezierzem" wzrosło w drugiej połowie lat 80-tych i na początku lat 90-tych. Przeprowadzone badania wykazały, że w okresie od kilkudziesięciu do przeszło 100 lat pojawiły się w zbiornikach zmiany fizyczno-chemicznych cech ich wód, wskazując na wyraźny postęp ich eutrofizacji.

Na podstawie pomiarów odczynu i potencjału redoks wyróżniono dwie grupy zbiorników: acidotroficzne (o odczynie wody poniżej 4,0 pH) i "obojętne", których odczyn wody mieścił się w granicach od 6,0 pH do 7,8 pH; do grupy acidotroficznej należały zbiorniki młode (Solski, Jędrzak, Matejczuk 1988).

Zmiany fizyczno-chemicznych cech wód zbiorników "obojętnych" w profilu pionowym nie były do tej pory śledzone, bardziej szczegółowym badaniom poddawano zbiorniki o wodach kwaśnych (Matejczuk 1986, Jędrzak 1992).

Wiedza o "biologii" wód zbiorników "pojezierza" jest bardzo skąpa. Jedyne badania biocenotyczne, obejmujące głównie fito-, zooplankton i organizmy wyższe, a dotyczące 16 zbiorników acidotroficznych przeprowadził na początku lat 80-tych Matejczuk (1986, 1989).

* Politechnika Zielonogórska, Instytut Inżynierii Środowiska



Rysunek 1. „Pojezierze antropogeniczne” (wschodnia część Łuku Mużakowskiego)

Z tych też względów uznano za celowe objęcie badaniami zbiorniki całego "pojezierza" (w wieku od 25 do powyżej 100 lat), prześledzenie zmian fizyczno-chemicznych cech ich wód w całym profilu pionowym, a ponadto poszerzenie zakresu badań o elementy biocenotyczne (organizmy pelagialu, litoralu i profundalu).

Wśród wybranych 24 zbiorników stwierdzono obecność dwóch zbiorników, reprezentujących grupę przejściową (odczyn: 4,18 - 5,60 pH), której dotychczas nie udało się badaczom wykazać.

2. Metody

Analizy fizyczno-chemiczne

Próby wody pobierano w miesiącach letnich 1993 i 1994 r. czerpaczem Ruttnera (3 l) z głębokości: 0, 1, 3, 5 m, następnie co 2 m i 1 m nad dnem.

W czasie poboru prób wody mierzono sondą: temperaturę, odczyn (pH) i potencjał oksydacyjno-redukcyjny. Pozostałe oznaczenia chemiczne wykonano w laboratorium metodami opisanymi przez Hermanowicza i innych (1976).

Sposób pomiaru przezroczystości produkcji pierwotnej i zawartości chlorofilu a podano w pracy doktorskiej (Najbar 1996).

Analizy biologiczne

Próby wody pobierano czerpaczem Ruttnera w ilości 30-50 l z głębokości jak wyżej. Wodę cedzono przez siatkę planktonową Nr 40, uzyskaną próbkę planktonu utrwalano formaliną bądź etanolem (zooplankton) lub płynem Lugola (fitoplankton). Oznaczenia jakościowe i ilościowe wykonano w laboratorium.

Przy oznaczaniu poszczególnych grup systematycznych posługiwano się kluczami: widłonogi - Pesta (1928), pierwotniaki - Kahl (1931), (1932), (1935), wrotki - Voight (1957), Kutikova (1970), Ruttner-Kolisko (1974), Koste (1978), Rybak (1994), wioślarki - Manujłowa (1964), eugleniny - Popova (1966), zło-cienice - Siemińska (1964), Starmach (1968), (1980), dinofity - Starmach (1966), (1974), sinice - Starmach (1974), małżoraczki - Sywula (1974), zielenice - Starmach (1972), Ruzicka (1977). Rośliny wyższe (w strefie litoralnej) oznaczano w terenie lub w laboratorium (po pobraniu okazów), posługując się kluczami: Gessner (1955), Szafran (1963), Tutin i inni (1964-1972), Szafer, Kulczyński, Pawłowski (1967), Oberdorfer (1970), Garcke (1972), Schmeil, Fitch (1973), Bernatowicz, Wolny (1974), Fitter i inni (1974), Casper, Krausch (1980).

Organizmy bentosowe pobierano czerpaczem Eckmana. Pobrany osad przemywano wodą, używając siatki plastikowej o średnicy oczek 1 mm. Pozostałość utrwalano formaliną (4%). Po usunięciu zanieczyszczeń (szczątki roślinne, piasek) próbki przeglądano pod binokulem.

Do oznaczeń organizmów strefy litoralnej, w tym również organizmów bentosowych, używano następujących kluczy: ślimaki i małże - Urbański (1957), Piechocki (1979), muchówki i ochotkowate - Romaniszyn (1958), chrząszcze - Tranda (1969), Galewski (1976), Galewski i Tranda (1978), Stresemann (1983), Chinery (1986), pluskwiaki - Jaczewski, Wróblewski (1978), skąposzczety - Kasprzak (1981).

3. Wyniki

3.1. Fizyczno-chemiczne cechy badanych wód

Wyniki badań fizyczno-chemicznych wód pobranych latem 1993 r. obejmujące kilkanaście wskaźników przedstawiono w postaci tabel, prezentując w nich wartości minimalne i maksymalne (tabela 1).

Omówienie wyników ograniczono do 3 wskaźników: temperatury, odczynu i potencjału oksydoredukcyjnego, dla których sporządzono wykresy ilustrujące ich zmiany w profilu pionowym wody badanych zbiorników, z uwzględnieniem podziału na wyróżnione grupy: acidotroficzną (I), przejściową (II) i "obojętną" (III).

Temperatura

Grupa acidotroficzna (I)

Do grupy tej zakwalifikowano 11 zbiorników. Temperatura wody warstwy powierzchniowej wynosiła od 19,8°C (zb. nr 15) do 22,5°C (zb. nr 14), natomiast przy dnie utrzymywała się w granicach od 5,3°C (zb. nr 8 i 17) do 20,5°C (zb. nr 24).

Skok termiczny występował w pięciu zbiornikach (nr 8, 15, 17, 18 i 21) w pozostałych zbiornikach (nr 14, 19, 20, 22-24) nie stwierdzono typowego dla stagnacji letniej uwarstwienia termicznego. W tej grupie znalazł się zbiornik meromiktyczny (nr 21) z wyraźnie zaznaczonym monimolimnionem.

Grupa przejściowa (II)

Do tej grupy należą dwa zbiorniki (nr 4 i 7). Temperatura wody przy powierzchni sięgała 20°C (zb. nr 7) i 21°C (zb. nr 4), przy dnie wynosiła 13,5°C

(zb. nr 7) i 16,5°C (zb. nr 4). Są to zbiorniki płytkie (głęb. maks. 3 i 4 m), pozbawione uwarstwienia termicznego.

Grupa "obojętna" (III)

Do tej grupy zaliczono 11 zbiorników (nr 1-3, 5, 6, 9-13, i 16), temperatura powierzchniowych warstw wody wahała się w granicach od 6,6°C (zb. nr 13) do 18,5°C (zb. nr 2).

Jakkolwiek są to zbiorniki płytkie (głęb. maks. od 1-8 m), uwarstwienie typowe dla jezior głębokich podczas stagnacji letniej (obecność epi-, meta-, i hypolimnionu) stwierdzono w pięciu zbiornikach (nr 3, 9, 11-13).

Tabela 1.

Nr zb.	Wartość	Temp.	Tlen rozp.	Nasyce- tleniem	Odczyn	Pot. redox	Przew. właśc.	ChZT (Cr)	Węgiel og.	Azot amoniowy	Azot azotanowy	Azot org.	Fosfor og.	Fosforany	Subst. rozp.
		°C	mgO ₂ /dm ³	% O ₂ /dm ³	pH	mV	mS/dm ³	mgO ₂ /dm ³	mgC/dm ³	mgN/dm ³	mgN/dm ³	mgN/dm ³	mgP/dm ³	mgP/dm ³	mg/dm ³
GRUPA ZBIORNIKÓW OBOJĘTNYCH															
1	min.	12,4	6,4	72	6,15	256	0,512	29,4	8,17	0,02	0,130	1,67	0,095	0,006	282,2
	max.	21,3	9,6	98	6,67	400	0,572	64,7	15,70	1,12	0,400	2,08	0,139	0,033	399,0
	śr.	17,9	8,3	86	6,33	349	0,537	45,1	11,09	0,40	0,220	1,84	0,123	0,024	324,3
2	min.	18,5	5,0	53	6,91	387	0,606	21,0	6,34	0,14	0,130	2,75	0,085	0,013	238,0
	max.	19,8	6,4	70	7,54	483	0,633	31,9	7,43	0,24	0,440	3,88	0,128	0,013	294,0
	śr.	19,2	5,7	61	7,22	435	0,619	26,5	6,88	0,19	0,285	3,32	0,110	0,013	266,0
3	min.	8,4	0,0	0	6,59	224	0,378	26,0	9,53	0,06	0,150	1,37	0,063	0,005	272,0
	max.	19,4	6,2	67	7,38	451	0,512	64,7	18,36	1,66	0,210	3,87	0,115	0,016	429,0
	śr.	14,4	3,5	36	7,04	360	0,430	41,4	12,12	0,52	0,170	2,56	0,080	0,012	266,0
5	min.	11,9	0,0	80	6,50	494	0,477	26,9	8,59	0,10	0,065	3,27	0,074	0,003	249,0
	max.	22,6	7,4	85	7,81	633	0,489	49,6	10,10	0,22	0,113	4,56	0,089	0,048	413,0
	śr.	18,5	3,7	42	7,12	535	0,480	38,9	9,19	0,13	0,080	4,15	0,080	0,035	291,0
6	min.	18,2	2,6	27	7,22	366	0,572	21,4	8,29	0,00	0,100	0,62	0,062	0,013	389,0
	max.	21,5	7,6	85	7,62	444	0,606	29,8	8,46	0,08	0,130	0,85	0,098	0,021	393,0
	śr.	20,4	5,6	62	7,49	395	0,580	25,6	8,39	0,07	0,120	0,70	0,082	0,018	390,0
9	min.	7,0	0,0	0	6,62	361	0,354	34,4	11,81	0,07	0,121	1,31	0,059	0,002	265,0
	max.	19,7	2,2	90	7,61	489	0,465	42,8	13,42	0,54	0,246	1,55	0,249	0,026	339,0
	śr.	13,6	4,6	47	7,17	438	0,390	37,0	12,50	0,25	0,150	1,38	0,100	0,014	292,6
10	min.	17,5	3,6	37	6,79	503	0,174	14,5	10,00	0,06	0,078	1,42	0,066	0,016	119,0
	max.	22,9	7,0	79	7,55	518	0,194	15,2	11,60	0,15	0,108	2,41	0,159	0,021	143,0
	śr.	20,7	5,6	62	7,24	512	0,180	14,8	10,70	0,10	0,095	2,14	0,100	0,018	132,0
11	min.	11,0	4,2	38	6,29	512	0,218	35,3	9,96	0,06	0,103	1,27	0,102	0,011	197,0
	max.	19,7	7,4	78	7,48	593	0,237	76,0	11,60	0,12	0,139	1,80	0,321	0,023	172,0
	śr.	16,3	6,3	64	7,00	547	0,230	44,0	10,50	0,09	0,130	1,54	0,190	0,026	156,6
12	min.	8,3	0,0	0	6,65	364	0,162	152,0	10,10	0,09	0,087	0,09	0,053	0,006	118,0
	max.	23,0	7,8	87	7,80	467	0,189	256,0	13,25	0,81	0,212	1,30	0,115	0,048	147,0
	śr.	16,6	4,4	50	7,20	441	0,170	196,0	11,50	0,36	0,130	0,66	0,087	0,026	156,6
13	min.	6,6	0,0	0	5,96	499	0,113	3,4	5,47	0,02	0,043	0,90	0,034	0,005	74,0
	max.	22,8	9,0	102	6,65	532	0,154	18,0	9,81	0,04	0,091	4,31	0,117	0,009	110,0
	śr.	15,0	4,2	46	6,30	508	0,130	7,0	6,96	0,03	0,067	2,52	0,064	0,007	84,7
16	min.	12,3	7,2	67	6,40	605	0,398	56,3	6,79	0,01	0,055	0,65	0,039	0,001	251,0
	max.	19,7	8,0	86	7,55	632	0,435	59,2	8,38	0,06	0,132	1,54	0,107	0,001	275,0
	śr.	17,4	7,7	79	7,13	613	0,420	57,9	7,31	0,03	0,076	1,19	0,077	0,001	262,8
GRUPA ZBIORNIKÓW PRZEJŚCOWYCH															
4	min.	16,5	7,0	71	4,18	566	0,402	4,6	1,85	0,08	0,048	1,02	0,030	0,013	236,0
	max.	21,0	7,2	80	5,26	614	0,419	13,4	2,28	0,09	0,080	1,05	0,233	0,040	256,0
	śr.	18,8	7,0	75	4,55	600	0,413	9,1	2,11	0,09	0,068	1,03	0,110	0,029	246,0
7	min.	13,5	6,2	63	4,88	566	0,188	22,6	6,43	0,04	0,081	1,29	0,045	0,012	98,0
	max.	20,0	9,8	93	5,64	596	0,227	26,9	8,33	0,1	0,099	1,35	0,100	0,016	127,0
	śr.	17,4	7,6	77	5,30	579	0,210	25,6	7,60	0,08	0,089	1,31	0,064	0,014	112,7

Nr Zł.	Wartość	Temp.	Temp.	Nasyt. tlenem	Odczyn	Pot. redox	Przew. własc.	Cl/ZT (Cl)	Węgiel og.	Azot amonowy	Azot azotanowy	Azot org.	Fosfor og.	Fosforay	Subst. rop.
		°C	mgO ₂ /dm ³	% O ₂ /dm ³	pH	mV	mS/dm ³	mgO ₂ /dm ³	mgC/dm ³	mgN/dm ³	mgN/dm ³	mgN/dm ³	mgP/dm ³	mgP/dm ³	mg/dm ³
GRUPA ZBIORNIKÓW ACIDOTROFICZNYCH															
8	min.	5,3	0,0	0	2,83	354	1,186	3,4	2,14	1,28	0,121	0,350	0,083	0,020	511,0
	max.	21,5	9,2	103	4,03	748	1,457	55,0	10,40	12,14	0,413	2,340	0,181	0,067	2222,0
	sr.	12,9	4,1	43	3,10	663	1,350	19,7	4,69	4,76	0,230	1,230	0,109	0,023	1117,0
14	min.	17,0	6,8	70	3,85	668	0,252	7,3	2,02	0,03	0,018	1,310	0,039	0,024	105,0
	max.	22,5	8,6	91	3,91	690	0,266	19,3	3,08	0,10	0,114	2,960	0,066	0,029	109,0
	sr.	12,9	7,8	85	3,88	677	0,260	12,2	2,73	0,07	0,056	2,070	0,050	0,026	107,5
15	min.	7,3	1,4	12	2,86	719	1,169	1,3	2,73	0,19	0,108	0,130	0,054	0,000	465,0
	max.	19,8	8,2	89	2,91	754	1,310	46,6	4,05	6,00	0,209	2,960	0,902	0,018	593,0
	sr.	15,6	6,6	68	2,88	742	1,250	13,1	3,37	1,35	0,120	2,030	0,260	0,008	519,2
17	min.	5,3	0,0	56	2,81	654	1,385	38,6	2,14	1,78	0,078	0,003	0,088	0,000	702,0
	max.	20,9	9,4	103	3,07	784	1,584	54,6	4,02	6,00	0,273	1,180	0,355	0,026	810,0
	sr.	14,8	6,8	68	2,86	701	1,520	47,9	2,83	2,90	0,150	0,500	0,170	0,009	745,5
18	min.	6,2	0,0	0	2,60	280	1,257	39,0	2,05	1,53	0,020	0,090	0,024	0,006	485,0
	max.	20,7	9,2	81	5,85	780	1,500	454,0	15,40	17,50	0,117	2,310	0,096	0,030	1280,0
	sr.	14,8	4,9	48	3,34	653	1,400	178,5	6,40	7,08	0,053	0,610	0,057	0,013	738,1
19	min.	19,5	4,4	49	2,94	643	0,966	35,3	1,35	0,51	0,008	0,020	0,036	0,003	400,0
	max.	22,3	7,8	84	2,95	749	1,035	37,0	2,23	2,42	0,014	1,330	0,103	0,013	447,0
	sr.	17,4	6,2	69	2,95	718	1,000	35,9	1,83	1,66	0,011	0,630	0,060	0,007	413,6
20	min.	20,1	8,0	88	3,38	695	0,452	13,6	1,54	0,13	0,024	0,400	0,020	0,000	134,0
	max.	21,1	8,4	93	3,49	723	0,286	18,6	3,28	1,09	0,044	0,950	0,050	0,008	171,0
	sr.	20,7	8,2	90	3,41	710	0,459	16,0	2,27	0,45	0,030	0,690	0,032	0,004	158,5
21	min.	7,0	0,0	0	2,41	390	2,587	142,0	1,80	0,72	0,286	0,010	0,002	0,000	1600,0
	max.	21,5	7,2	73	4,69	798	4,963	785,0	18,18	88,90	0,727	1,900	0,100	0,043	7483,0
	sr.	11,1	2,6	26	3,37	592	3,640	391,8	8,85	39,72	0,463	0,520	0,040	0,022	4158,0
22	min.	18,0	5,8	62	2,90	680	1,584	35,7	2,17	2,23	0,009	0,440	0,100	0,005	807,0
	max.	19,3	9,0	96	2,93	748	1,690	47,9	2,79	2,79	0,020	1,290	0,245	0,003	903,0
	sr.	18,8	7,2	76	2,91	732	1,640	41,6	2,40	2,40	0,013	1,060	0,160	0,012	860,0
23	min.	20,2	6,8	75	2,78	752	1,214	8,6	1,85	1,85	0,087	1,730	0,032	0,003	485,0
	max.	20,5	7,6	84	2,79	757	1,236	10,7	3,24	3,24	0,206	2,190	0,033	0,004	517,0
	sr.	20,4	7,1	79	2,78	754	1,220	9,5	2,76	2,76	0,130	1,990	0,033	0,003	502,0
24	min.	20,5	7,2	80	2,87	759	0,950	0,7	1,07	1,07	0,069	0,590	0,020	0,002	300,0
	max.	20,8	8,0	88	2,87	766	0,993	15,7	1,99	1,99	0,085	1,680	0,095	0,003	364,0
	sr.	20,7	7,8	86	2,87	764	0,980	1,4	1,40	1,40	0,073	0,960	0,065	0,002	330,2

Odczyn pH

Grupa acidotroficzna (I)

Odczyn wód tej grupy zbiorników w profilu pionowym wahał się od 2,4 do 4,0 pH. Pominięto monimolimniony dwóch zbiorników meromiktycznych (nr 18 i 21), w których to warstwach wartości odczynu wzrastały do 5,9 pH (zb. nr 18). Przyczyną wzrostu odczynu w monimolimnionie (pozbawionego tlenu) było wykorzystanie jonów wodorowych do procesów redukcyjnych.

Grupa przejściowa (II)

Odczyn wód zbiorników grupy przejściowej (zb. nr 4 i 7) mieścił się w granicach od 4,18 do 5,60 pH. W powierzchniowych warstwach wody wynosił od 4,18 (zb. nr 4) do 5,07 pH (zb. nr 7). W warstwie przydennej mieścił się w przedziale od 5,26 pH (zb. nr 4) do 5,58 pH (zb. nr 7).

Grupa "obojętna" (III)

Odczyn wód zbiorników zaliczanych do grupy "obojętnej" (nr 1-3, 5, 6, 9-13, 16) wynosił od 6,0 pH do 7,9 pH. W powierzchniowych warstwach wody wahał się od 6,65 pH (zb. nr 13) do 7,85 pH (zb. nr 12). W warstwie przydennej mieścił się w granicach od 6,15 pH (zb. nr 1) do 7,54 pH (zb. nr 2).

Potencjał redoks

Grupa acidotroficzna (I)

Zakres zmian potencjału redoks w profilu pionowym zbiorników acidotroficznych mieścił się w granicach od 280 mV (zb. nr 18) do 798 mV (zb. nr 21). Najwyższe wartości potencjału redoks wystąpiły w powierzchniowych warstwach wody i wynosiły od 643 mV (zb. nr 119) do 772 mV (zb. nr 21).

W przydennych warstwach wody potencjał redoks wahał się od 280 mV (zb. nr 18) do 766 mV (zb. nr 24).

Grupa przejściowa (II)

Potencjał redoks w profilu pionowym zbiorników przejściowych wynosił od 566 mV (zb. nr 7) do 614 mV (zb. nr 4). Zmiany w profilu pionowym wód były nieznaczne; są to zbiorniki płytkie.

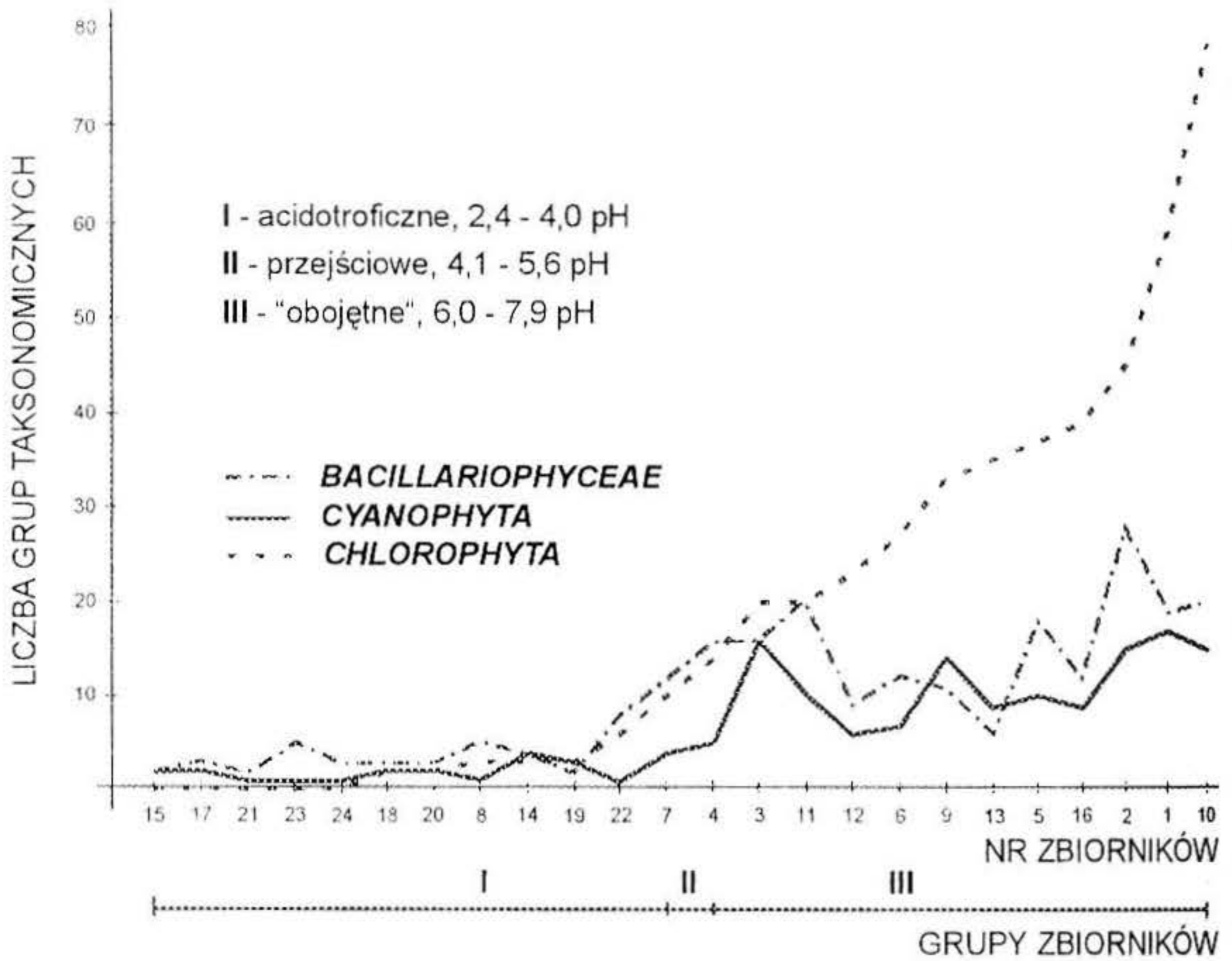
Grupa "obojętna" (III)

Zakres zmian potencjału redoks w profilu pionowym tej grupy zbiorników był zróżnicowany i mieścił się w przedziale od 224 mV (zb. nr 3) do 633 m (zb. nr 16). W trzech zbiornikach (nr 1-3) wartości tego wskaźnika stopniowo malały ze wzrostem głębokości, w kolejnych zbiornikach (nr 6, 9, 10) malały dopiero w warstwach głębszych oraz przy dnie (zb. nr 12 i 13). W pozostałych trzech zbiornikach potencjał redoks utrzymywał się w profilu pionowym na podobnym poziomie (zb. nr 13) lub w sposób różny (nietypowy).

3.2. Fitoplankton

Liczebność wybranych grup taksonomicznych fitoplanktonu w trzech wyróżnionych grupach zbiorników przedstawia ryc. 2.

Plankton roślinny, zasiedlający wody badanych zbiorników, składał się łącznie ze 188 gatunków reprezentowanych przez: grzyby (*Mycophyta*) - 2 gatunki, sinice (*Cyanophyta*) - 20 gatunków, złotowiciowce (*Chrysophyta*) - 12 gatunków, eugleniny (*Euglenophyta*) - 8 gatunków, okrzemki (*Bacillariophyceae*) - 41 gatunków, różnowiciowce (*Xanthophyceae*) - 1 gatunek, tobołki (*Pyrrophyta*)



Rysunek 2. Wpływ stopnia zakwaszenia wód na występowanie wybranych grup taksonomicznych fitoplanktonu

Grupa acidotroficzna (I)

W grupie zbiorników charakteryzujących się najniższym odczynem pH (2,1-4,0 pH) nie stwierdzono grzybów (*Mycophyta*). Pozostałe grupy systematyczne były reprezentowane przez 40 gatunków: *Chlorophyta* (12 gatunków), *Bacillariophyceae* (12 gatunków), *Cyanophyta* (7 gatunków), *Pyrrophyta* (5 gatunków), *Chrysophyta* i *Euglenophyta* (po 2 gatunki). Obecność prawie wszystkich wyróżnionych jednostek systematycznych stwierdzono tylko w zbiorniku nr 22. Najlichniesza grupa (*Chlorophyta*) wystąpiła w 6, *Pyrrophyta* w 8, *Chrysophyta* w 6, zaś *Xanthophyceae* tylko w jednym zbiorniku (zb. nr 22).

Za gatunki acidofilne, spotykane we wszystkich zbiornikach tej grupy należy uznać: *Eunotia exigua* (*Bacillariophyceae*), *Lyngbia ochracea* (*Cyanophyta*) i *Euglena mutabilis* (*Euglenophyta*). Ten ostatni okazał się gatunkiem ubikwistycznym, wystąpił bowiem we wszystkich badanych akwenach.

Najlichniej reprezentowane były w zbiornikach acidotroficznych okrzemki. Niekiedy stanowiły one ponad 90% wszystkich stwierdzonych organizmów żywych.

Grupa przejściowa (II)

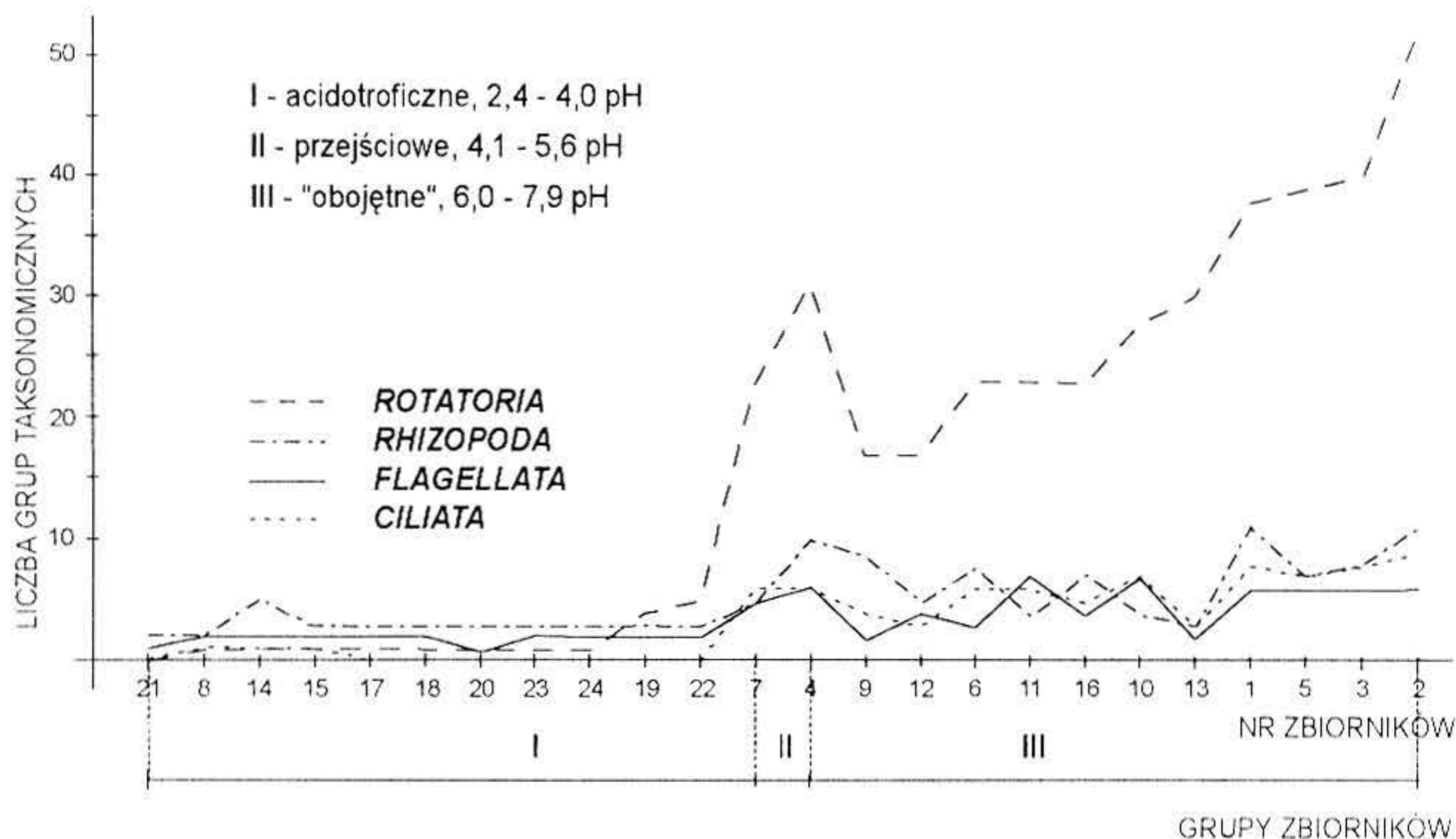
Fitoplankton zbiorników przejściowych (nr 4 i 7) był bogatszy o 24 gatunki w stosunku do zbiorników o wodach kwaśnych. Łączna liczba wynosząca 64 gatunki, reprezentowana była przez: *Chlorophyta* (20 gatunki), *Cyanophyta* (11 gatunków), *Bacillariophyceae* (17 gatunków), *Chrysophyta* (7 gatunków), *Euglenophyta* (4 gatunki), *Pyrrophyta* (2 gatunki), *Mycophyta* (2 gatunki) i *Xanthophyceae* (1 gatunek). W zbiornikach tej grupy, do której zaklasyfikowano tylko 2 akweny (nr 4 i 7), liczba gatunków fitoplanktonu wynosiła - 53 (zb. nr 4) i - 43 (zb. nr 7).

Grupa "obojętna" (III)

Liczba gatunków, zasiedlających wody grupy "obojętnej", wynosiła - 184. Udział gatunków w wyróżnionych jednostkach systematycznych przedstawiał się następująco: *Chlorophyta* (98 gatunków), *Bacillariophyceae* (37 gatunków), *Cyanophyta* (20 gatunków), *Chrysophyta* (12 gatunków), *Euglenophyta* (8 gatunków), *Pyrrophyta* (6 gatunków), *Mycophyta* (2 gatunki), *Xanthophyceae* (1 gatunek).

3.3. Zooplankton

Liczebność wybranych grup taksonomicznych zooplanktonu w trzech wyróżnionych grupach zbiorników przedstawia ryc. 3.



Rysunek 3. Wpływ stopnia zakwaszenia wód na występowanie wybranych grup taksonomicznych zooplanktonu

Plankton zwierzęcy, zasiedlający wody badanych zbiorników, składał się ze 119 gatunków reprezentowanych przez: wiciowce (*Flagellata*) - 7 gatunków, korzenionózki (*Rhizopoda*) - 13 gatunków, orzęski (*Ciliata*) - 12 gatunków, brzuchorzęski (*Gastrotricha*) - 1 gatunek, wrotki (*Rotatoria*) - 61 gatunków, wiosłarki (*Cladocera*) - 11 gatunków, małżoraczki (*Ostracoda*) - 3 gatunki i widłonogi (*Copepoda*) - 11 gatunków.

Grupa acidotroficzna (I)

Łączna liczba gatunków, zasiedlających zbiorniki acidotroficzne wynosiła - 21. W tej grupie zbiorników *Copepoda* reprezentowane były przez 2 gatunki i wystąpiły tylko w jednym zbiorniku (nr 22). *Cladocera* reprezentowane przez 2 gatunki stwierdzono w dwóch zbiornikach (nr 17 i 22). Badane zbiorniki najliczniej zasiedlały *Rotatoria* (8 gatunków) i *Rhizopoda* (5 gatunków). *Arcella sp.*, *A. vulgaris* (z wyjątkiem zb. nr 8) i *Amoeba sp.* (z wyjątkiem zb. nr 21) reprezentujące *Rhizopoda* wystąpiły we wszystkich zbiornikach. *Flagellata* reprezentowane były przez dwa gatunki: *Bodo sp.*, który występował we wszystkich badanych zbiornikach, oraz *Oicomonas sp.*, również we wszystkich zbiornikach z wyjątkiem zb. nr 20 i 21. *Ciliata* reprezentowały dwa gatunki, pojawiły się one w trzech zbiornikach (nr 8, 14 i 15).

Grupa przejściowa (II)

Grupę zbiorników przejściowych zasiedlały - 72 gatunki. Najliczniej reprezentowane były one przez: *Rotatoria* (35 gatunków), następnie *Rhizopoda* (10 gatunków), *Flagellata*, *Ciliata* i *Copepoda* po - 7 gatunków, *Ostracoda* - 2 gatunki, *Cladocera* - 3 gatunki i *Gastrotricha* - 1 gatunek.

Grupa "obojętna" (III)

Łączna liczba gatunków, zasiedlających wody zbiorników grupy "obojętnej", wynosiła 119. Najliczniej wystąpiły *Rotatoria* (61 gatunków). Do jednostek systematycznych, reprezentowanych przez mniejszą liczbę gatunków należały: *Rhizopoda* (13 gatunków), *Ciliata* (12 gatunków), *Cladocera* i *Copepoda* (po 11 gatunków), *Flagellata* (7 gatunków), *Ostracoda* (3 gatunki), *Gastrotricha* (1 gatunek). Wspomniane już wyżej gatunki: *Bodo sp.* i *Oicomonas sp.* (*Rhizopoda*) stwierdzono we wszystkich zbiornikach tej grupy.

3.4. Organizmy bentosowe i strefy litoralnej

Rośliny (makrohydrofity)

Dno i brzegi niektórych z badanych zbiorników pojezierza porastały mchy (*Musci*) i rośliny naczyniowe (*Macrophyta*). Mchy reprezentował jeden gatunek - *Drepanocladus fluitans*, który pojawił się w sześciu zbiornikach (nr 1-6). *Macrophyta* reprezentowane były łącznie przez - 31 gatunków. Do najbardziej rozpowszechnionych, występujących we wszystkich zbiornikach grupy "obojętnej" należały: trzcina pospolita (*Phragmites communis*), palka wąskolistna (*Typha angustifolia*), palka szerokolistna (*T. latifolia*), skrzyp błotny (*Equisetum limosum*) i rdestnica pływająca (*Potamogeton natans*).

Obecność roślin wyższych w zbiornikach acidotroficznym należała do rzadkości, ich występowanie stwierdzono w 5 zbiornikach (nr 14, 15, 17, 20, 22). Liczba gatunków reprezentująca rośliny naczyniowe w zbiornikach acidotroficznym wynosiła - 5, przejściowych - 13 i "obojętnych" - 30. W grupie zbiorników "obojętnych" nie stwierdzono występowania situ drobnego (*Juncus bulbosus*), charakterystycznego gatunku dla zbiorowisk wód kwaśnych.

Zwierzęta

W badanych akwenach stwierdzono obecność - 77 gatunków zwierząt, reprezentujących: pajęczaki (*Arachnoidea*), owady (*Insecta*); siatkoskrzydłe (*Neuroptera*), jętki (*Ephemeroptera*), ważki (*Odonata*), pluskwiaki różnoskrzydłe (*Heteroptera*), chrząszcze (*Coleoptera*), chruściki (*Trichoptera*) i muchówki (*Diptera*).

Spośród 8 wyżej wyróżnionych grup bezkręgowców, najliczniej reprezentowane były chrząszcze (*Coleoptera*) - 25 gatunków, pluskwiaki różnoskrzydłe (*Heteroptera*) - 12 gatunków oraz ważki (*Odonata*) i muchówki (*Diptera*) - po 9 gatunków. Do mniej licznych należały: jętki (*Ephemeroptera*) - 2 gatunki i siatkoskrzydłe (*Neuroptera*) oraz pajęczaki (*Arachnoidea*) - po 1 gatunku.

Oprócz tego stwierdzono 14 gatunków płazów (*Amphibia*).

Grupa acidotroficzna (I)

W wodach zbiorników acidotroficznym stwierdzono owady reprezentujące: *Heteroptera*, *Odonata*, *Coleoptera* i *Diptera*. Najbardziej typowym gatunkiem dla tej grupy zbiorników była muchówka *Chironomus plumosus* oraz przedstawiciel siatkoskrzydłych - *Sialis sp.* (dwa ostatnie występują we wszystkich badanych zbiornikach). Powszechnie, z wyjątkiem zb. nr 21 stwierdzano obecność przedstawicieli *Heteroptera*, których liczebność bywała niekiedy bardzo duża. W zbiornikach tej grupy nie wystąpiły gatunki reprezentujące *Ephemeroptera* i *Arachnoidea*.

Grupa przejściowa (II)

W zbiornikach przejściowych stwierdzono obecność 49 gatunków owadów reprezentowanych przez: *Coleoptera* - 20 gatunków, *Heteroptera* - 10 gatunków, *Odonata* - 8 gatunków, *Trichoptera* i *Diptera* po 4 gatunki, *Ephemeroptera* - 2 gatunki i *Neuroptera* - 1 gatunek. Dwa zbiorniki, zaklasyfikowane do grupy przejściowej różniły się dość znacznie co do ilości zasiedlających je gatunków owadów: zb. nr 4 - 45 gatunków, zb. nr 7 - 36 gatunków.

Grupa "obojętna" (III)

W zbiornikach "obojętnych" wystąpiły wszystkie gatunki zwierząt, które napotkano podczas kilkakrotnej penetracji badanych zbiorników. Owady w liczbie 62 gatunków były reprezentowane przez: *Coleoptera* (25 gatunków), *Heteroptera* (12 gatunków), *Odonata* i *Diptera* (po 9 gatunków), *Trichoptera* (4 gatunki), *Ephemeroptera* (2 gatunki) oraz *Neuroptera* (1 gatunek). Spośród pajęczaków stwierdzono również 1 gatunek.

4. Dyskusja

Geneza i rozwój zbiorników "pojezierza antropogenicznego" odbywały się w szczególnych warunkach, każdy z nich w początkowym okresie rozwoju ontogenicznego przechodził etap zakwaszenia, powstawał jako zbiornik acidotroficzny, którego odczyn wahał się około 3,0 pH.

W zależności od powstania (typ wyrobiskowy i zapadliskowy) morfometrii misy i jej głębokości, otoczenia (lasy, hałdy) rodzaju wód, wypełniających misę (podziemne, powierzchniowe), zasobności tych wód w sole pokarmowe (fosfor, azot), wapń i magnez oraz dopływu pirytu, zbiorniki ulegały stopniowym przemianom chemicznym i biologicznym, prowadzącym do zobojętniania ich wód.

Na 24 zbiorniki, które objęto badaniami, w zależności od odczynu i potencjału redoks wody, wyróżniono trzy grupy: acidotroficzną (2,4-4,0 pH), przejściową (4,18-5,6) i "obojętną" (6,0-7,9 pH). W grupie przejściowej znalazły się tylko dwa zbiorniki (nr 4 i 7), jest to zatem najmniej liczna grupa, co wskazuje na krótki okres trwania tego stanu i tym samym "skokowego" przechodzenia ich do grupy zbiorników o wodach obojętnych.

Należy przypuszczać, że intensywny rozwój zbiorników "pojezierza", charakteryzujący się wzrostem biomasy planktonu, zaczynał się od ustabilizowania odczynu ich wód na poziomie zbliżonym do obojętnego.

W ciągu około 100 lat, wody połowy zbiorników "pojezierza" uległy przekształceniu z silnie kwaśnych w obojętne (naturalne). A zatem w ciągu stosunkowo krótkiego czasu w rozwoju zbiorników zaszły istotne zmiany, co potwier-

dzily wyniki badań fizyczno-chemicznych i biologicznych ich wód. Podkreślić tutaj należy, wiek zbiorników "pojezierza", który waha się obecnie od 25 do powyżej 100 lat.

Powyższe stwierdzenie znalazło swój wyraz we wskaźnikach określających produktywność wód badanych zbiorników oraz jakościowym i ilościowym składzie biocenoz (tabela 2).

Tabela 2. Zakresy zmian wskaźników fizyko-chemicznych i biocenotycznych (sierpień 1993-czerwiec 1994 r.)

A. Wskaźniki określające produktywność						
Typ	Zbiorniki	Przezroczystość	Produkcja pierwotna		Chlorofil	Węgiel organiczny
	(grupa)	m	mg/dm ³ *d		mgC/dm ³	mgC/dm ⁶
Oligotroficzny	acidotroficzne (I)	3,0-6,7	0,1-0,7 1,6)	(0,1-	0,04-12,30 (0,02-12,9)	1,07-18,18
Eutroficzny	przejsciowe (II)	1,2-1,4	0,1-1,3 2,3)	(1,2-	2,7-13,5 16,1)	1,85-8,33
	"obojetne" (III)	0,6-2,1	0,1-4,8 5,6)	(0,2-	0,2-49,4 36,9)	5,47
18,36						
Typ	Zbiorniki	Liczba gatunków		szt.		
	(grupa)	Fitoplankton	Zooplankton	Litoral + Bental		
Oligotroficzny	acidotroficzne (I)	4-21	3-13	Rosliny	Zwierzęta	
				1272-14453	115-2295	
Eutroficzny	przejsciowe (II)	43-53	50-67	8813-17602	12124-39624	
	"obojetne" (III)	54-137	37-95	13506-33582	17645-54111	

Mimo ogromnej złożoności genezy i dalszych losów zbiorników "pojezierza", kierunek ich rozwoju prowadzi od oligotrofii (acidotrofii) do eutrofii.

Większość akwenów "pojezierza" to zbiorniki płytkie, które tracąc z upływem lat cechy wód kwaśnych, już ze względu na głębokość zostały niejako skazane na przynależność do typu eutroficznego. Ze względu na małą głębokość, pojawienie się wyższej roślinności naczyniowej na znacznych powierzchniach badanych zbiorników, zaliczono je za Stangenbergiem (1936) do podtypu stawowego.

W wodach acidotroficznych za pionierskie organizmy uważa się bakterie z rodzaju *Thiobacillus*, zaś gatunkiem uznanym jako pierwszy jest *Thiobacillus ferrooxidans* (Jędrzak 1992). Dopiero w następnej kolejności pojawiały się typowe acidobionty i acidofile (Berg, Petersen - 1958, Popova - 1966, Langworthy - 1978), do których zaliczają się *Eunotia exigua* oraz *Euglena mutabilis*. Oba gatunki zostały również stwierdzone w akwenach "pojezierza". *E. mutabilis* stwierdzono we wszystkich badanych zbiornikach, gdzie tworzy ona łatwo widoczne darnie. Przy odczynie zbliżonym do obojętnego jej liczebność nie przekraczała 2-4% wszystkich stwierdzonych organizmów (zb. nr. 1-3, 6, 9, 10, 12), zaś przy odczynie 2,41-3,89 pH (zb. nr 8, 14, 15, 17, 18-24) stanowiła nawet

90-100% wszystkich organizmów spośród *Euglenophyta*. Wraz z towarzyszącym gatunkiem - *E. exiqua* stały się dominantami, zasiedlającymi najbardziej "niedostępne" zbiorniki acidotroficzne i decydującymi zarazem o produktywności zbiornika oraz jego możliwościach rozwojowych. Wspomniany wyżej przedstawiciel okrzemek (*Bacillariophyceae*) - *Eunotia exiqua*, do niedawna uważany za niemalże kosmopolityczny i słodkowodny gatunek, jest spotykany głównie w zatorfionych wodach oraz na wilgotnych mchach (Siemińska - 1964). Jego występowanie w jeziorach torfowcowych tzw. "sucharach" w okolicach Wigier nie zostało potwierdzone przez Ryppową (1927). Dzisiaj uważa się iż faktycznie jest to bardzo pospolity gatunek, znacznie zwiększający swą liczebność w wodach, podlegających antropogenicznemu przekształcaniu, zwłaszcza w zbiornikach, w których duży wpływ na zakwaszenie wód powierzchniowych mają "kwaśne deszcze" (Eloranta 1988). Badania fińskich jezior, ulegających stopniowemu zakwaszeniu, wykazały, że *E. exiqua* zasiedla zbiorniki o odczynie 4,5-7,2 pH, i maksymalnie stanowiła 4,5% ogólnej liczby występujących okrzemek. Badania własne wykazały występowanie tego gatunku w 15 zbiornikach (na 24), w których odczyn wahał się od 2,4 do 6,6 pH. Potwierdziły one wyniki badań Matejczuka (1989, 1992), który stwierdził obecność *E. exiqua* w wodach o odczynie od 2,7 pH do 6,4 pH. O ile w zbiornikach o wyższych wartościach odczynu wody, okrzemka ta nie jest gatunkiem dominującym, (liczebność w 4,5-5,9 pH wynosiła 2,5-8,8%; zaś w 6,0 pH - poniżej 4,2%), o tyle w wodach o niższym odczynie (poniżej 4,5 pH) jej liczebność wzrastała i wynosiła 76-99,7% (Matejczuk 1992). Badania własne wykazały, że w wodach zbiornika nr 21 o najniższym odczynie (2,4 pH) gatunkiem dominującym była również okrzemka *E. exiqua*, stanowiąca niemalże 100% składu gatunkowego i ilościowego organizmów. Yoshimura (1933) stwierdził występowanie okrzemki z rodzaju *Eunotia* w środowisku bardziej kwaśnym (1,4 pH). Należy tu podkreślić, że tak silne zakwaszenie wody może być dla *E. exiqua* środowiskiem zbliżonym do krytycznego. Duży procent pancerzyków *E. exiqua* pobranych ze zbiornika nr 21, wykazywał mniejsze lub znaczne deformacje, co wskazywałoby na trudne warunki życia. Matejczuk (1992) za optymalny odczyn wody dla życia *E. exiqua* uznał 3,1 pH. Okrzemce *E. exiqua* często towarzyszy *Eunotia tenella*, którą również można uznać za wskaźnik wód kwaśnych. Kolejnym, zasługującym na uwagę gatunkiem, powszechnie występującym w zbiornikach "pojezierza" jest sinica *Lyngbia ochracea*, tworząca w wypływających się i szybko nagrzewających wodach zbiorników kwaśnych widoczne gołym okiem skupiska. Jej występowanie stwierdzono w 15 zbiornikach.

W wodach zbiorników kwaśnych i ich pobrzeży z reguły nie występuje pas amfifitów, natomiast inne zespoły roślinne reprezentowane są przez nieliczne gatunki, należące przede wszystkim do helofitów. W grupie zbiorników acidotro-

ficznych stwierdzono obecność 5 gatunków, w zb. przejściowych - 13 gatunków i w zb. "obojętnych" - 30 gatunków roślin naczyniowych. W zbiornikach ostatnich dwóch grup, makrofity tworzą typowe zespoły fitosocjologiczne. W wyniku zaawansowanej eutrofii zb. nr 1-3, ilość osadów dennych jest większa od poziomu lawicy przybrzeżnej (brak tu stoku). Dzięki słabym ruchom wody i dużej ilości osadów bardzo dobrze wykształcił się fitolitoral typu stawowego. Prawie wszystkie pasy ekologiczne flory naczyniowej były dobrze rozwinięte.

"Pionierskimi" roślinami naczyniowymi, występującymi bezpośrednio w obrębie strefy brzegowej kwaśnych i częściowo zasolonych zbiorników są: polimorficzny sit drobny (*Juncus bulbosus*) - zbiorniki nr 20, 22, porastający dużymi połaciami wypływające się fragmenty zbiorników (aż do 5 metrów głębokości), oraz trzcina pospolita (*Phragmites communis*), której gęste zbiorowiska porastały nadbrzeża zbiornika nr 15. W przypadku tego właśnie zbiornika (nr 15), to właśnie trzcina pospolita była jedyną spotykaną rośliną naczyniową, brakowało natomiast całkowicie situ drobnego. Matejczuk (1992) uważa, że za gatunek "pionierski" można uznać również torfowiec *Sphagnum sp.*, zaś Heym (1971) podaje, że może to być np. *Sphagnum cuspidatum*. Pietsch (1965) najważniejszą rolę w szybkości zasiedlania kwaśnych zbiorników, przypisuje sitowi drobnemu. Dzięki małym wymaganiom i możliwości tworzenia różnych form ekologicznych - podgatunków: podwodnej - *J. b. submersus*, wynurzonej - *J. b. fluitans* i naziemnej - *J. b. terrestris*, stwarza on możliwość szybszego osiedlania się innych zespołów roślinnych i zwierzęcych. W zależności od głębokości wody *J. bulbosus* tworzy podwodne lany, sięgające nawet do 30 m w głąb zbiornika (Pietsch, 1965). Pozostałe gatunki wg Pietsch'a (1965), w początkowej fazie zasiedlania przez makrohydrofity nie stanowią większego udziału niż 1%. W początkowej fazie zasiedlania, z reguły, skupienia makrofitów występują w postaci płatów jednogatunkowych, brak jest natomiast asocjacji różnogatunkowych, typowych dla zbiorników strefy umiarkowanej, czy jeśli weźmie się "pojezierze" - zbiorników starych. W biocenozach zbiorników przejściowych i "obojętnych" rozwijają się różnorodne formacje ekologiczne, zarówno amfifity, helofity, elodeidy, nimfeidy jak i isoteidy. Sezonowość ich występowania jest również typowa dla warunków nizinnych Europy Środkowej (Bernatowicz, Wolny 1974).

W dalszej odległości od brzegu na obumarłych szczątkach situ drobnego wyrastały: *Juncus effusus* i inne. Żadne fitocenozy wodne nie rozwinęły się w zb.: nr 8, 18, 19, 21, 23, 24.

W badanych zbiornikach i ich najbliższym otoczeniu (z wyjątkiem wód acidotroficznymi) obserwowano duże zróżnicowanie zespołów roślin naczyniowych. W bezpośrednim otoczeniu zbiorników, na hałdach i brzegach, roślinami pionierskimi są zazwyczaj brzoza (*Betula pendula*), sosna (*Pinus silvestris*), robinia (*Robinia pseudoacacia*) oraz różne gatunki topól (*Populus sp.*) i olch (*Alnus*

sp.). Pietsch (1965) podaje, że oprócz drzew, jako jedne z pierwszych na haldach pojawiają się: rośliny jedno- i dwuliścienne (76 gatunków), mchy (9 gatunków), grzyby kapeluszowe (3 gatunki) oraz glony. Przynajmniej 10% gatunków to rośliny jednoroczne. Te zespoły roślinne jako pierwsze zaczynają wpływać na wygląd linii brzegowej, osłaniają taflę zbiorników wodnych przed wiatrem. Jednak ich wpływu nie należy przeceniać, gdyż nie jest on decydujący, biorąc pod uwagę obsadę gatunkową innych roślin, o wiele bardziej wrażliwych np. na odczyn podłoża.

W wodach badanych zbiorników stwierdzono występowanie - 77 gatunków bezkręgowców, reprezentowanych przez następujące grupy: pajęczaki (*Arachnoidea*) - 1 gatunek, siatkoskrzydłe (*Neuroptera*) - 1 gatunek, jętki (*Ephemeroptera*) - 2 gatunki, ważki (*Odonata*) - 9 gatunków, pluskwiaki różnoskrzydłe (*Heteroptera*) - 12 gatunków, chrząszcze (*Coleoptera*) - 25 gatunków, chruściki (*Trichoptera*) - 4 gatunki, muchówki (*Diptera*) - 9 gatunków, płazy (*Amphibia*) - 14 gatunków. Ryby (*Pisces*) nie były oznaczane.

Większość przedstawicieli ww. grup zwierząt, a zwłaszcza te, które występowały w większej liczbie badanych zbiorników, odznaczają się znaczną eurytopowością i ich obecność przypada na różne zespoły ekologiczne. Niektóre z nich to pospolite w Polsce gatunki, natomiast w badanych zbiornikach należały do rzadkich.

Pierwszymi organizmami zwierzęcymi, które pojawiały się w toni wodnej zbiorników kwaśnych to: pierwotniaki (orzęski i bezbarwne wiciowce) oraz eurytopowe bezkręgowce: *Sialis sp.* (*Neuroptera*) i *Chironomus plumosus* (*Diptera*). Jako następne pojawiały się niektóre gatunki pluskwiaków różnoskrzydłych, larwy ważek i chrząszcze wodne. W wodach zbiorników acidotroficznych stwierdzono - 23, w zbiornikach przejściowych - 48, a w "obojętnych" - 63 gatunki stawonogów. Tylko 2 z nich (*Sialis sp.* i *Chironomus plumosus*) zasiedlały wody wszystkich badanych zbiorników, będąc zarazem jedynymi z najliczniej występujących gatunków, większości zbiorników acidotroficznych. Zasiedlały one wszystkie nisze ekologiczne zbiorników, szczególnie miejsca porośnięte przez roślinność wyższą, oraz wypływające i nagrzewające się zatoczki. W zbiorniku nr 21, gdzie brak jest zbiorowisk roślin wyższych, w największych ilościach spotykano je pod kamieniami i innymi zanurzonymi przedmiotami, w zachodniej części akwenu. Oprócz tego prawie we wszystkich zbiornikach (z wyjątkiem nr 21) spotykano przedstawicieli pluskwiaków różnoskrzydłych (*Heteroptera*, *Corixidae*). Interesującym jest fakt, że pierwszymi przedstawicielami organizmów wyższych (w tym przypadku stawonogów) były (obok dwóch wyżej opisanych) przede wszystkim właśnie wodne pluskwiaki różnoskrzydłe, występujące w kwaśnych wodach, niekiedy w ogromnych ilościach, wykazując jedną z największych walencji ekologicznych.

Najmniejszą ilość gatunków organizmów (3) stwierdzono w wodach zb. nr 21, który z powodu braku nawet częściowo wykształconej strefy litoralnej od 25 lat pozostaje najmniej "dostępnym" zbiornikiem, zarówno dla organizmów niższych jak i wyższych.

Wrotki (*Rotatoria*) określane są niekiedy jako organizmy, świadczące o dużej tolerancji względem warunków środowiskowych, innym razem jako dobre wskaźniki trofii wód i warunków środowiskowych. W wodach badanego obszaru liczba stwierdzonych gatunków wrotków wynosiła - 61. W obrębie zbiorników obojętnych ich ilość wahała się od - 17 (zb. nr 9 i 12) do - 52 (zb. nr 2), zbiornikach przejściowych od - 23 (zb. nr 7) do - 31 (zb. nr 4), zaś w zbiornikach acidotroficznym od - 0 (zb. nr 21) do - 5 (zb. nr 22). Niewielka ilość gatunków wrotków pelagicznych (uważanych za dobre bioindykatory), stwierdzonych w zbiornikach kwaśnych, wskazuje na wyjątkowo trudne warunki do ich egzystencji. Wyniki badań własnych (niektórych akwenów) przyrównać można do tych jakie uzyskano na podstawie obserwacji nielicznych, lekko kwaśnych i obojętnych (odczyn 6,5-7,2 pH) akwenów Górnego Śląska, powstałych również w wyniku działalności górniczej (Bielańska-Grąjner 1987). Tam jednak nie występują akweny o tak specyficznych właściwościach fizyczno-chemicznych wód, jakimi są zbiorniki opisywanego regionu.

Wrotkami o dużym znaczeniu ekologicznym "pojezierza" są: *Keratella cochlearis*, *K. irregularis*, *K. serrulata*, *Rotaria rotatoria*, *Synchaeta pectinata*, *Asplanchna priodonta*, występujące w większości badanych zbiorników. Zagęszczenie wrotków było największe w zbiornikach nr: 2, 6, 7, 9-12 i 16. Spośród stwierdzonych 2 taksonów wrotków, wystąpiły one po jednym gatunku w 2 zbiornikach (*Gastropus stylifer* - zb. nr 2, *Testudinella sp.* - zb. nr 5).

Zwraca uwagę duże zróżnicowanie składu gatunkowego drobnych bezkręgowców w obrębie zbiorników kwaśnych: zb. nr 14 i 22 - 15 gatunków, nr 17 - 5 gatunków, nr 21 - 3 gatunki. Na powyższe zróżnicowanie miała zapewne wpływ powoli rozrastająca się w wypływających, osłoniętych od wiatru zatoczkach (np. zb. nr 20 i 22) roślinność naczyniowa (jedno- i kilkogatunkowa), w obrębie której liczne owady znajdowały zarówno doskonale miejsca do odżywiania się, jak również kryjówki.

Niewątpliwie na występowanie różnogatunkowych, roślinnych jak i zwierzęcych zespołów miały wpływ fizyczno-chemiczne właściwości środowiska wodnego. W przypadku zbiorników poeksploatacyjnych takim "stresiem środowiskowym", decydującym o bogactwie (ubóstwie) życia biologicznego był niski odczyn wody i duża zawartość żelaza (Riley 1960, Parsons 1964, Matejczuk 1982, Puchalski 1985).

W zjawisku acidotrofii, zwraca uwagę, to że oprócz właściwości chemicznych wody dużą rolę w pojawianiu się nowych gatunków roślin i zwierząt, nie-

kiedy w ekstremalnych (w przypadku wód kwaśnych) warunkach do życia, odgrywa strefowe zróżnicowanie warunków siedliskowych. Generalnie, zbiorniki płytkie, otoczone lasami, posiadające osłonięte od wiatru zatoki, bądź małe, wypływające się lachy (zb. nr 15, 20, 23), szybciej ulegają zasiedleniu przez makrohydrofity i żyjące w ich najbliższym otoczeniu fitoplankton, zooplankton oraz niektóre stawonogi. Zbiorniki o ostro opadających i często "ruchomych" brzegach, dają niewspółmiernie mniejsze szanse roślinom pionierskim na trwale zasiedlenie się. Przykładem takich zbiorników o wyżej opisanego budowy linii brzegowej są zbiorniki: nr 8, 17, 21 i 22. W przypadku takiej morfologii linii brzegowej, w połączeniu z niekorzystnymi warunkami geomorfologicznymi, zasiedlanie nawet przez nieliczne gatunki może być wydłużone w czasie i wówczas procesy starzenia się zbiorników są słabo zauważalne. Przykładem opisanego zjawiska są zbiorniki: nr 8, 17 i 21. Matejczuk (1986), w przypadku niektórych acidotroficznymi (siarczanowo-wapniowych) zbiorników również nie stwierdził zmian sukcesyjnych.

5. Literatura

1. Berg K., Petersen C. 1958: Studies on the humid Acid Lake Gribs. *Folia Limnologica Scandinavica* No 8.
2. Bernatowicz S., Wolny P. 1974: *Botanika dla limnologów i rybaków*, PWRiL Warszawa.
3. Bielańska-Grajner I. 1987: Porównanie zgrupowań wrotków (Rotatoria) w różnych typach zbiorników Górnego Śląska. *Prz. Zool.* XXXI, 1: 37-47.
4. Casper S. J., Krausch H. D. 1980: Pteridiophyta und Anthophyta. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, B. 23. VEB. Jena.
5. Chinery M. 1986: *Pareys Buch der Insekten*. Hamburg und Berlin.
6. Fitter R., Fitter A., Blamey M. 1974: *Pareys Blumenbuch*. Verl. Paul Parey. Hamburg-Berlin.
7. Garcke A. 1972: *Illustrierte Flora. Deutschland und angrenzende Gebiete*. Verl. Paul Parey. Berlin und Hamburg.
8. Galewski K. 1976: Klucze do oznaczania owadów Polski. Część XIX, chrząszcze - Coleoptera, zeszyt 5-6: flisakowate (Haliplidae, Hygrobiidae). Warszawa, PWN.
9. Galewski K., Tranda E. 1978: *Chrząszcze (Coleoptera): Fauna słodkowodna Polski*, z. 10., Warszawa-Poznań, PWN.
10. Gessner F. 1955: *Hydrobotanik*. Berlin.
11. Hermanowicz W. i inni 1976: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*. W-wa, Arkady.

12. Heym W. D. 1971: Die Vegetationsverhältnisse älterer Bergbau - Restgewässer im westlichen Muskauer Faltenbogen. Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz. Bd. 46, Nr. 7; VII/1 - VII/40.
13. Jaczewski T., Wróblewski A. 1978: Klucze do oznaczania owadów Polski. Pluskwiaki różnoskrzydłe - Heteroptera. Część VIII, zeszyt 2. Warszawa - Wrocław, PWN.
14. Jędrzak A. 1992: Skład chemiczny wód pojezierza antropogenicznego w Łuku Mużakowskim. Wyd. WSI, Zielona Góra.
15. Kahl A. 1931: Urtiere oder Protozoa. Holotricha. Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria). Die Tierwelt Deutschland 21 Teil. Jena. Verlag G. Fischer.
16. Kahl A. 1932: Urtiere oder Protozoa. Spirotricha. Die Tierwelt Deutschland, 25 Teil. Jena. Verlag G. Fischer.
17. Kahl A. 1935: Urtiere oder Protozoa. Peritricha, Chonotricha. Die Tierwelt Deutschland, 30 Teil. Jena. Verlag G. Fischer.
18. Kasprzak K. 1981: Skąposzczety wodne I. (Klucze do oznaczania bezkręgowców Polski). T. 4, W-wa, PWN.
19. Koste W. 1978: Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Ein Bestimmungswerk, Monogononta, I.
20. Kozacki L. 1976: Jeziora antropogeniczne, ich znaczenie w środowisku geograficznym i możliwości zagospodarowania. W: Jeziora Ziemi Lubuskiej ich wykorzystanie i ochrona przed zanieczyszczeniami - Symp. Nauk., Łągowo 18-19. 05. 1976. Zielona Góra, Wyd., TNOiK.
21. Kutikova L. A. 1970: Kolovratki fauny SSSR. Izd. Nauka, Leningrad.
22. Langworthy T. 1978: Microbial life in extreme pH values. W: Microbial life in extreme environments. London Academic Press.
23. Manujłowa J. F. 1964: Wietwistousyje raczki fauny SSSR, Leningrad Izd. Nauka.
24. Matejczuk W. 1986: Charakterystyka ekologiczna zbiorników wodnych w wyrobiskach poeksploatacyjnych węgla brunatnego. Wrocław.
25. Matejczuk W. 1989: Plankton poeksploatacyjnych zbiorników wodnych z rejonu Trzebiela. Przyroda Środkowego Nadodrza, 93-118. Zielona Góra, WSP.
26. Matejczuk W. 1992: Eunotia Exiqua (Breb.) Rabh. Jako organizm wskaźnikowy acydotrofii jezior burowęglowych. Przyroda Środkowego Nadodrza, WSP, Zielona Góra, z. 2, str. 7-18.
27. Najbar B. 1996: Biologiczne i chemiczne wskaźniki stopnia zeutrofizowania wód zbiorników powstałych po eksploatacji węgla brunatnego w okolicach Łęknicy, Trzebiela i Tuplic. Rozprawa doktorska, Politechnika Wroclawska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska (maszynopis).

28. Oberdorfer E. 1970: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland und angrenzenden Gebiete. 3 Auflage. Stuttgart.
29. Parsons J. D. 1964: Comparative limnology of strip-mine lakes. Verh. int. Verein. Limnol. 15; 292-298.
30. Pesta O. 1928: Krebstiere oder Crustacea. Calanoida, Cyclopoida. Die Tierwelt Deutschland und der angrenzenden Meeresteile, 9 Teil. Jena Verlag G. Fischer.
31. Piechocki A. 1979: Mięczaki (Mollusca). Fauna słodkowodna Polski z.7. Warszawa - Poznań PWN.
32. Pietsch W. 1965: Die Erstbesiedlungs - Vegetation eines Tagebau - Sees, Synökologische Untersuchungen im Lausitzer Braunkohlen - Revier. Limnologica (Berlin) 3, 2, 177-222.
33. Puchalski W. 1985: Poeksploatacyjne zbiorniki wodne - wstęp do charakterystyki ekologicznej. Wiadomości ekologiczne. T. XXXI. Z. 1; s. 3-24.
34. Popova T. G. 1966: Jewglenowyje wodorosli (Flora sporowych rastienij SSSR) Moskwa - Leningrad. Izd. Nauka.
35. Riley C. V. 1960: The ecology of water areas associated with coal strip-mined lands in Ohio. Ohio J. Sci. 60; 106-121.
36. Rybak J. I. 1994: Przegląd słodkowodnych zwierząt bezkręgowych; Aschelminthes, Rotatoria. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
37. Ryppowa H. 1927: Glony jeziorok torfowcowych tzw. "sucharów" w okolicach Wigier. 2, 1-36.
38. Romaniszyn W. 1958: Klucze do oznaczania owadów Polski. Cz. XXVIII Muchówki - Diptera, zeszyt 14a: Ochotkowate - Tendipedidae W-wa. PWN.
39. Ruttner-Kolisko A. 1974: Plankton Rotifers. Biology and taxonomy - Die Biennengewässer, 26 suppl.
40. Ruzicka J. 1977: Die Desmidiaceen Mitteleuropas. Bd. 1. Verlag Stuttgart.
41. Schmeil O., Fitschen J. 1973: Flora von Deutschland und seinen angrenzenden Gebieten. 85 Aufl. Heidelberg.
42. Siemińska J. 1964: Chrysophyta. Bacillariophyceae - Okrzemki (Flora słodkowodna Polski Tom 2) Warszawa, PWN.
43. Solski A., Jędrzak A., Matejczuk W. 1988: Skład chemiczny wód zbiorników "pojezierza antropogenicznego" w rejonie Tuplice-Lęknica. Zesz. Nauk. WSI. Zielona Góra, nr. 84. Inż. Środ. Nr.4, 65-92.
44. Starmach K. 1966: Cyanophyta - Sinice, Glaucophyta - glaukofity (Flora słodkowodna Polski, Tom 2) Warszawa, PWN.
45. Starmach K. 1968: Chrysophyta. Xanthophyceae - Różnowiciowce (Flora słodkowodna Polski. Tom 7) Warszawa - Kraków PWN.
46. Starmach K. 1972: Chlorophyta - Zielonice nitkowate (Flora słodkowodna Polski. Tom 10) Warszawa - Kraków.

47. Starmach K. 1974: Cryptophyceae - kryptofity, Dinophyceae - dinofity, Raphidophyceae - rafidofity (Flora słodkowodna Polski. Tom 4) Warszawa - Kraków, PWN.
48. Starmach K. 1980: Chrysophyta. Chrysophyceae - złotowiciowce oraz Zoo-flagellata wolnożyjące (Flora słodkowodna Polski. Tom 5) Warszawa - Kraków.
49. Stangenberg M. 1936: Szkic limnologiczny na tle stosunków hydrochemicznych jeziora suwalskiego. Inst. Bad. Leśn. Prace Ser. A., 19, 1-85.
50. Stresemann E. 1983: Exkursionsfauna. Bd 1-3. Berlin.
51. Szafer W. i inni 1967: Rośliny Polskie. Warszawa PWN.
52. Szafran B. 1963: Bryophyta I. Musci - Mchy. Flora słodkowodna Polski. 16, 1-220.
53. Sywula T. 1974: Małżoraczki (Ostracoda). Fauna słodkowodna Polski z. 24. Warszawa - Poznań PWN.
54. Tranda E. 1969: Klucze do oznaczania owadów Polski. Część XIX. Chrząszcze - Coleoptera. Zeszyt 8, krętakowate - Gyrinidae. Warszawa PWN.
55. Tutin T. G. i inni 1964-1972: Flora Europaea. Bd. 1-3. Cambridge.
56. Urbański J. 1957: Krajowe ślimaki i małże - klucz do oznaczania wszystkich gatunków dotąd w Polsce wykrytych. Warszawa PZWS.
57. Voight M. 1957: Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Vol. 1-2, Berlin.
58. Yoshimura S. 1933: Kata-numa, a very strong acid-water lake on Volcano Katanuma, Miyagi Prefecture, Japan. Arch. Hydrob., 26, 197-202.