

Raport końcowy

**Z prac morfologicznych, hydrochemicznych i
hydrobiologicznych wykonanych na jeziorach
Maleszewskie, Rakowo Duże, Rakowo Małe**

Opracowano na zlecenie

Urzędu Miasta i Gminy w Złocięncu

SZCZECIN 2015

1. Wstęp.....	3
2. Charakterystyka morfologiczna i fizykochemiczna wód jezior.....	4
2.1. Jezioro Maleszewskie.....	4
2.2. Jezioro Rakowo Duże.....	14
2.3. Jezioro Rakowo Małe.....	18
3. Charakterystyka metali ciężkich w wodach jezior.....	21
4. Charakterystyka metali ciężkich w osadach dennych	22
5. Charakterystyka osadów dennych pod kątem węgla i fosforu.....	25
6. Charakterystyka fitoplanktonu	26
6.1. Jezioro Maleszewskie.....	26
6.2. Jezioro Rakowo Duże i Rakowo Małe	35
7. Charakterystyka makrofitów.....	40
7.1. Jezioro Maleszewskie.....	40
7.2. Jezioro Rakowo Duże.....	42
7.3. Jezioro Rakowo Małe.....	44
8. Charakterystyka zooplanktonu.....	45
8.1. Jezioro Maleszewskie.....	46
8.2. Jezioro Rakowo Duże.....	55
8.3. Jezioro Rakowo Małe.....	63
9. Charakterystyka makrozoobentosu.....	70
10. Charakterystyka ichtiofauny.....	73
11. Podsumowanie.....	74

1. Wstęp

Jeziora śródmiejskie odgrywają ważną rolę w funkcjonowaniu lokalnych społeczności. Są miejscem aktywnego wypoczynku oraz zwiększają walory krajobrazu miejskiego, a w sensie przyrodniczym, stanowią siedliska dla wielu gatunków flory i fauny. Jednakże, ze względu na swoje położenie, jeziora te są szczególnie narażone na degradację. Są często małe i płytkie, co sprzyja ich spotęgowanej eutrofizacji. W ostatnich dekadach antropogeniczne przekształcenia w zlewniach, takie jak intensyfikacja rolnictwa, melioracje, odprowadzanie ścieków i wód deszczowych czy nadmierne wykorzystanie rekreacyjne przyczyniły się do niszczenia i zaniku tego typu ekosystemów na całym świecie. Zaznaczyć przy tym należy, że odnowa płytkowodnych zbiorników jest trudna do osiągnięcia. Priorytetem powinno być zawsze maksymalne ograniczenie zewnętrznych źródeł zanieczyszczenia, ale liczne przykłady wskazują, że działania te nie zawsze przynoszą oczekiwaną poprawę stanu ekologicznego. W tej sytuacji konieczne staje się podjęcie działań rekultywacyjnych. Przykładem jezior miejskich podległych przez wiele lat, szczególnie w okresie PRL, niekorzystnemu wpływowi antropogenicznemu są jeziora: Maleszewskie, Rakowo Duże i Rakowo Małe leżące w obrębie miasta Złocieńca. Ze względu na budzący niepokój stan wizualny wód tych jezior zdecydowano się na wykonanie badań fizykochemicznych i biologicznych zakończonych raportem.

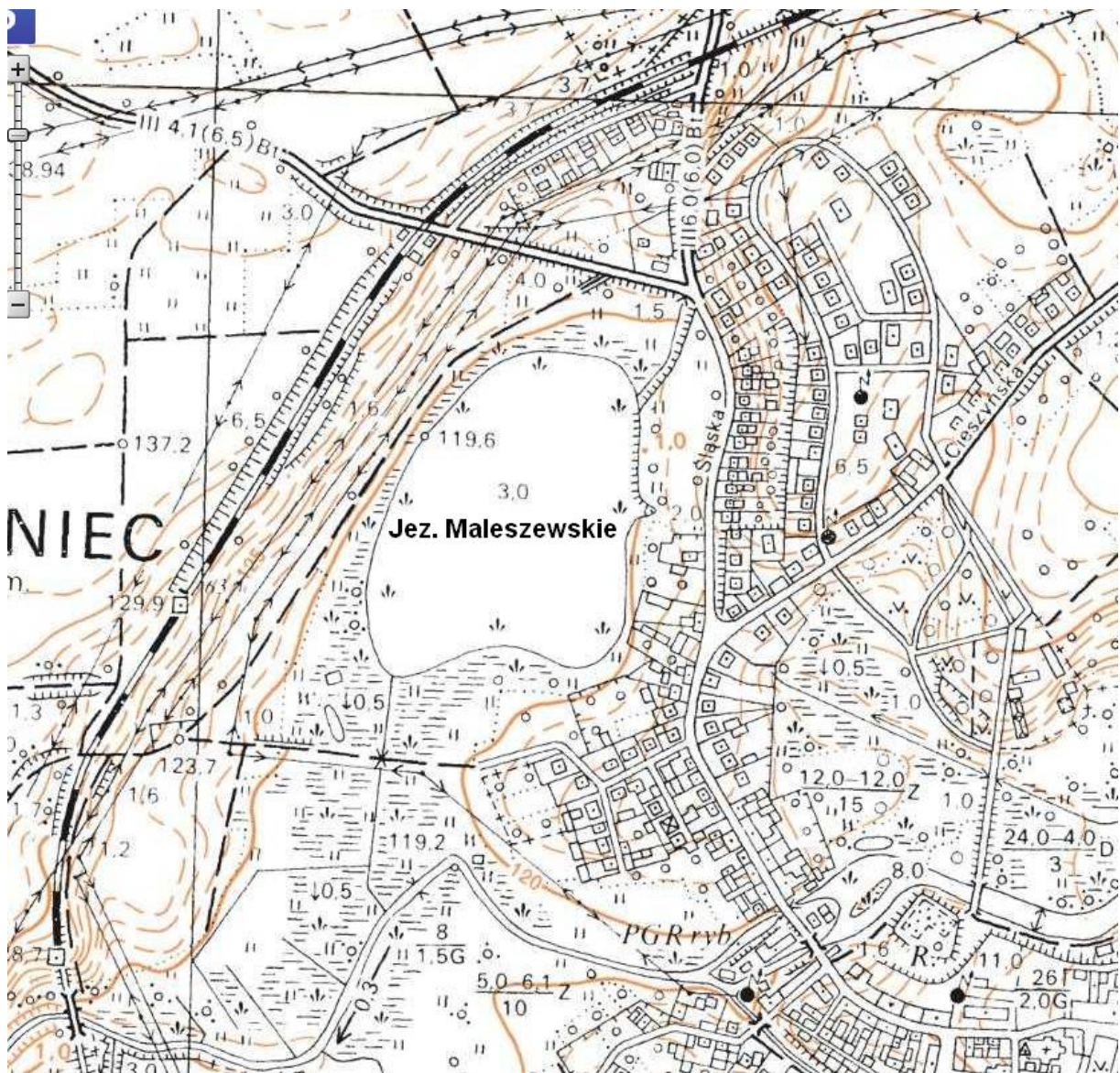
Raport powstał na zlecenie Burmistrza Miasta i Gminy Złocieńca. Przedmiotem zamówienia było wykonanie badań morfologicznych, fizykochemicznych i hydrobiologicznych wód jezior: Maleszewskie, Rakowo Duże i Rakowo Małe oraz opracowanie aktualnego stanu środowiska jezior wraz z zaleceniami minimalizacji ich zagrożeń w celu ich rewitalizacji. Pomiary, obserwacje i pobór prób do oznaczeń fizykochemicznych i biologicznych prowadzono w celu: oceny morfologicznej jezior i zlewni, oceny fizykochemicznej wód jezior, dopływów i odpływów, oceny fizykochemicznej osadów, oceny hydrologicznej, oceny fitoplanktonu, oceny makrofitów, oceny zooplanktonu i oceny makrozoobentosu. W badaniach zwracano szczególną uwagę na wskaźniki wysokiej trofii wód.

2. Charakterystyka morfologiczna i fizykochemiczna wód

2.1. Jezioro Maleszewskie

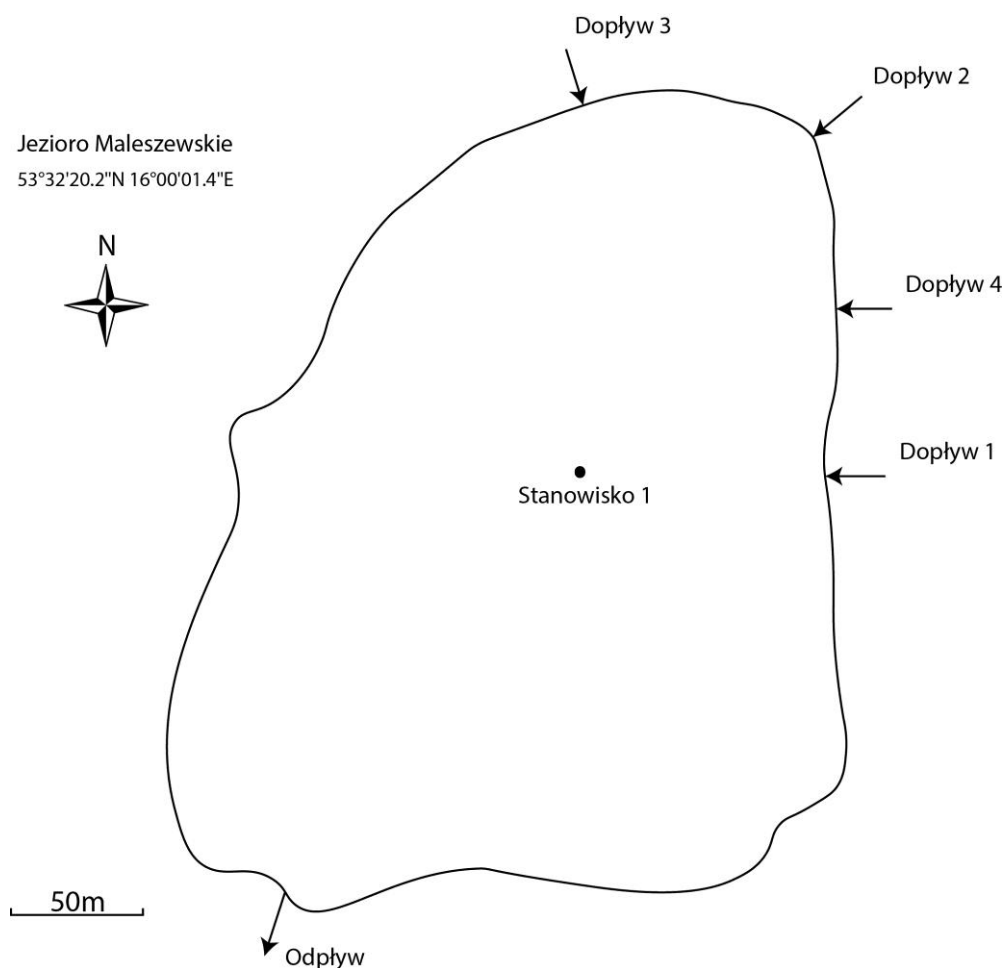
Charakterystyka morfometryczna jeziora Maleszewskiego

Jezioro Maleszewskie o powierzchni 8,60 ha (Filipiak i Raczyński 2000) jest jednym z mniejszych jezior Pojezierza Drawskiego. Leży w zlewni rzeki Drawa. Położone jest na $53^{\circ}32'20.0''$ szerokości geograficznej i na $16^{\circ}00'01.4''$ długości geograficznej w dorzeczu rzeki Drawy (Filipiak i Raczyński 2000) ma kształt nieregularnego owalu (długość maksymalna – 379 m), (szerokość maksymalna – 252 m, średnia – 226 m), co znajduje swój wyraz we wskaźniku wydłużenia (1,67) oraz słabo rozwiniętej linii brzegowej ($WL=1,12$).



Rysunek1. Lokalizacja jeziora Maleszewskiego

Zlewnię jeziora stanowi obszar miejski i rolniczo-łąkowy (Rysunek 1). Dno zbiornika jest słabo urozmaicone, stanowi je gruba warstwa osadów organicznych. Misa jeziorna jest płaska, wskaźnik głębokości wynosi 0,63. Maksymalna głębokość znajduje się w południowo-wschodniej części akwenu i wynosi 1,1 m, przy głębokości średniej 0,7 m. Dno jeziora na całej powierzchni porośnięte jest makrofitami, zarówno zanurzonymi, jak i wynurzonymi. Do jeziora uchodzą 4 dopływy, z których dwa prowadzą wodę przez cały rok kalendarzowy (Rysunek 2). Jezioro, posiada stosunkowo wysoką wartość wskaźnika Schindlera, co w połączeniu z charakterem zlewni czyni je dość podatnym na degradację. Do jeziora uchodzą cztery dopływy, jednak tylko dwa z nich – nr 1 i nr 2, niosą wodę przez cały rok. Być może w okresie wzmożonych opadów również pozostałe dopływy charakteryzują się silniejszym przepływem wody. Jednak podczas poboru prób takich zależności nie zaobserwowano.



Rysunek 2. Plan jeziora Maleszewskiego z zaznaczonym stanowiskiem poboru prób

Tabela 1. Podstawowe cechy morfometryczne jeziora Maleszewskiego

Nazwa cechy	Jednostka	Wartość
Powierzchnia	ha	8,60
Objętość wód	m ³	60200
Długość maksymalna	m	379
Długość efektywna	m	379
Szerokość maksymalna	m	252
Szerokość efektywna	m	252
Szerokość średnia	m	226
Wskaźnik wydłużenia	-	1,67
Wskaźnik rozwoju linii brzegowej	-	1,12
Długość linii brzegowej	m	1035
Głębokość maksymalna	m	1,1
Głębokość średnia	m	0,7
Wskaźnik głębokości	-	0,63
Współczynnik Schindlera	-	12,9

Charakterystyka fizykochemiczna wód jeziora Maleszewskiego

Oznaczeń parametrów fizyko-chemicznych dokonano przy pomocy wieloparametrycznej sondy firmy Hydrolab DX5 (USA) oraz kolorymetru DR 890 i reaktora do mineralizacji prób firmy Hach (USA). Pomiarów temperatury, stężenia rozpuszczonego tlenu, odczynu pH, przewodności elektrolitycznej, stężenia chlorofilu *a*, stężenia chlorków oraz substancji rozpuszczonych przy użyciu sondy dokonywano na 0,5 m głębokości, z tej samej głębokości pobierano wodę do oznaczeń związków biogenych N-NO₂, N-NO₃, N-NH₃, N_{og}, PO₄, P_{og}. Dokonywano także pomiarów widzialności krążka Secchi'ego. Pomiar i pobór prób wody odbywał się raz w miesiącu od marca do października, za wyjątkiem lipca i sierpnia, kiedy czynności te wykonywano dwa razy w miesiącu. Wartości mierzonych parametrów fizykochemicznych zestawiono w tabeli 2.

Na podstawie Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych i w oparciu o Załącznik nr 2 tego

rozporządzenia dotyczący wartości granicznych wskaźników jakości wód jednolitych części wód powierzchniowych takich jak jezior lub inny naturalny zbiornik wodny, w tym jezior lub innych zbiorników naturalnych wyznaczonych jako jednolite części wód silnie zmienione oraz sztuczny zbiornik wodny, uznać można, że wody jeziora Maleszewskiego w oparciu o elementy fizykochemiczne, plasują się w VI klasie jakości wód. Świadczą o tym przede wszystkim wysokie wartości związków biogennych, a przede wszystkim azotu ogólnego i fosforu ogólnego, szczególnie w okresie letnim. Wartości graniczne związków azotu i fosforu, jako wskaźniki jakości wody w klasach jakości wód powierzchniowych, według Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska z dnia 11 lutego 2004 każą wody jeziora zaliczyć do II i III klasy. Na wysoką trofię wód jeziora wskazuje duża różnica pomiędzy wartościami stężenia fosforu ogólnego i ortofosforanów. Świadczy to o wysokiej produkcji organicznej zbiornika, co przejawia się tutaj przede wszystkim znaczną ilością detrytusów i bogatym porośnięciem całej powierzchni dna jeziora przez makrofitów. Jezioro Maleszewskie cechuje się typowymi, jak dla jezior zeutrofizowanych, ale niezbyt wysokimi wartościami przewodności elektrolitycznej oraz pH. Stężenie chlorków, jako kolejny poza przewodnością elektrolityczną, wskaźnik zasolenia, plasuje wody w III – IV klasie. Stężenie rozpuszczonego tlenu było dość niskie, właściwie przez cały okres badań, a w okresie letnim wskazywało na III klasę lub nawet V. Stężenie chlorofilu *a* w wodzie jeziora kształtowało się na średnim poziomie i wydawałoby się, że przy wysokim stężeniu związków biogennych parametr ten powinien uzyskać wyższe wartości. Jednak istnienie w jeziorze dużej biomasy makrofitów powoduje stosunkowo niską biomasę fitoplanktonu. Stąd, relatywnie niewielka ilość chlorofilu *a* w próbkach wody z jeziora. W wodzie jeziora notowano podobnie niskie ilości substancji rozpuszczonych. W każdym miesiącu obserwowano widzialność krążka Sechhi'ego sięgającą do dna. Jednak w przypadku jeziora Maleszewskiego, wynik ten nie świadczy o dobrych warunkach środowiskowych jeziora. Po pierwsze głębokość jeziora na badanych stanowiskach była niewielka. Po drugie gęsto porastające dno jeziora makrofitów nie pozwalały na nadmierny rozwój fitoplanktonu powodujący zakwit i ograniczający czy redukujący przezroczystość wód. W związku z powyższym wody jeziora prześwietlone są od powierzchni do dna.

Tabela 2. Wyniki pomiarów parametrów fizykochemicznych jeziora Maleszewskiego. D - widzialność krążka Secchi'ego do dna

Parametr	Jednostka	Miesiąc									
		III	IV	V	VI	VII 1	VII 2	VIII 1	VIII 2	IX	X
Temperatura	(°C)	8,48	8,83	13,79	19,55	18,33	20,5	22	20,2	15,8	11,23
Tlen rozpuszczony (O ₂)	(mg dm ⁻³)	7,42	8,04	8,42	4,21	4,99	4,05	3,61	3,55	5,68	7,4
pH		7,33	7,58	7,06	8,18	8,39	8,4	8,87	8,72	8,15	7,01
Przewodność elektrolityczna	(µS cm ⁻¹)	457	437	371,8	353,9	341	338	320	332	334	370
Chlorofil <i>a</i>	(µg dm ⁻³)	7,2	8,82	10,11	10,79	6,11	7,5	4,92	6,9	16,3	8,62
Chlorki (Cl)	(mg dm ⁻³)	177	303	266	224,4	400	355	366	422	416	316
Substancje rozpuszczone (TDS)	(g dm ⁻³)	0,293	0,281	0,238	0,227	0,218	0,205	0,205	0,206	0,214	0,237
Zawiesina	(mg dm ⁻³)	11	9	9	6	7	5	5	7	9	12
Widzialność krążka Secchi'ego	(m)	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Azot azotynowy (N-NO ₂)	(mg dm ⁻³)	0,003	0,01	0,014	0,01	0,006	0,009	0,045	0,06	0,072	0,098
Azot azotanowy (N-NO ₃)	(mg dm ⁻³)	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Azot amonowy (N-NH ₃)	(mg dm ⁻³)	0,07	0	0	0,08	0,13	0,08	0	0,01	0	0,06
Azot ogólny (N _{og})	(mg dm ⁻³)	1,3	0,7	1,8	2,8	3,6	2,5	2,1	1,8	1,5	2,1
Fosforany (PO ₄)	(mg dm ⁻³)	0,27	0,49	0,29	0,54	0,62	0,56	0,4	0,2	0,03	0,71
Fosfor ogólny (P _{og})	(mg dm ⁻³)	1,44	0,82	2	2,99	3,81	3,44	2,24	2,1	1,77	2,37

Dopływ nr 1 do jeziora Maleszewskiego charakteryzowały przede wszystkim niższe, w porównaniu z innymi analizowanymi stanowiskami, wartości pH i rozpuszczonego tlenu oraz wysokie wartości pierwiastków biogennych, głównie azotu amonowego i związków fosforu (Tabela 3). Szczególnie wysokie wartości aktywnych form fosforu (fosforanów) i niewielka różnica pomiędzy wartościami fosforu ogólnego oraz wysokie wartości azotu amonowego mogą wskazywać na negatywny wpływ czynnika ludzkiego na środowisko jeziora lub na gnilne procesy materii organicznej na naturalnych obszarach. Jednak, biorąc pod uwagę charakter zlewni ciek, która praktycznie w całości leży w obszarze miejskim, bardziej prawdopodobnym czynnikiem powodującym tak wysokie stężenie ww. związków jest wpływ człowieka. W ciągu roku kalendarzowego dopływ nr 1 wprowadza do jeziora przynajmniej 2,05 kg N/rok oraz 0,81 kg P/rok.

Tabela 3. Wyniki pomiarów parametrów fizykochemicznych dopływu nr 1 do jeziora Maleszewskiego.

Parametr	Jednostka	Miesiąc									
		III	IV	V	VI	VII 1	VII 2	VIII 1	VIII 2	IX	X
Temperatura	(°C)	7,12	7,36	13,04	17,48	17,65	19,1	21,8	19,3	15,14	10,68
Tlen (O ₂)	(mg dm ⁻³)	7,5	8,97	6,7	4,53	5,06	4,88	5,69	5,23	6,45	7,6
pH		6,98	6,72	6,59	6,63	6,45	6,39	6,28	6,86	6,33	6,02
Przewodność elektrolityczna	(μS cm ⁻¹)	845	881	312	309	316	307	300	306	290	312
Chlorofil a	(μg dm ⁻³)	1,2	0,21	0,11	1,99	6,4	3,5	1,88	1,76	1,47	1,22
Chlorki (Cl)	(mg dm ⁻³)	265	382	193,16	187	215	255	282	363	311	343
Substancje rozpuszczone (TDS)	(g dm ⁻³)	0,54	0,563	0,1998	0,1982	0,2027	0,1963	0,1869	0,1853	0,186	0,2003
Azot azotanowy (N-NO ₂)	(mg dm ⁻³)	0,339	0,122	0,009	0,012	0,01	0,023	0,059	0,096	0,163	0,043
Azot azotanowy (N-NO ₃)	(mg dm ⁻³)	2,6	3,7	0,3	0,3	1	0,8	0,4	0,5	0,8	0,3
Azot amonowy (N-NH ₃)	(mg dm ⁻³)	1,57	1,15	0,04	0,09	0,1	0,08	0,04	0,09	0,26	0,04
Azot ogólny (N _{og})	(mg dm ⁻³)	6,4	7,2	0,9	1,1	4,1	3,8	1,6	1,7	1,5	1,7
Fosforany (PO ₄)	(mg dm ⁻³)	1,75	0,88	0,18	0,56	0,43	0,52	0,75	0,82	1,46	0,81
Fosfor ogólny (P _{og})	(mg dm ⁻³)	2,18	1,23	0,34	0,73	0,55	0,64	0,89	0,96	1,65	0,9
Przepływ	(m ³ s ⁻¹)	0,0015	0,0017	0,0232	0,0043	0,0016	0,0009	0,0002	0,0006	0,0045	0,0003

Dopływ nr 2 do jeziora Maleszewskiego, podobnie jak dopływ nr 1, uzyskał podobnie wysokie wartości wskaźników biogennych (Tabela 4). Jednakże, odczyn pH, przewodność elektrolityczna i stężenie rozpuszczonego tlenu uzyskały tutaj wyższe wartości. Ponadto różnica pomiędzy wartościami ogólnymi azotu i fosforu a ich nieaktywnymi formami była tutaj większa niż na dopływie nr 1. Stan taki może być związany z charakterem zlewni analizowanego cieku (dopływ nr 2), który przed stanowiskiem poboru prób płynie przez teren łąkowy, ale nie pozbawiony zabudowań. Możliwy zatem jest na tym obszarze rozwój organizmów roślinnych i zwierzęcych, na co wskazują wyniki badań. Jednakże, nie można tutaj wykluczyć negatywnego wpływu człowieka, co widać po wysokich wartościach stężenia azotu azotanowego, amonowego i fosforanów okresie letnim. W ciągu roku kalendarzowego dopływ nr 2 wprowadza do jeziora przynajmniej 1,30 kg N/rok oraz 0,62 kg P/rok.

Tabela 4. Wyniki pomiarów parametrów fizykochemicznych dopływu nr 2 do jeziora Maleszewskiego.

Parametr	Jednostka	Miesiąc									
		III	IV	V	VI	VII 1	VII 2	VIII 1	VIII 2	IX	X
Temperatura	(°C)	6,56	5,77	8,78	11,04	12,93	12,8	12,5	12,8	13,05	10,58
Tlen rozpuszczony (O ₂)	(mg dm ⁻³)	10,32	9,03	9,56	7,6	9,23	10,11	9,43	7,6	7,7	6,64
pH		6,4	6,75	7,3	7,24	7,12	7,3	6,33	6,63	6,18	6,93
Przewodność elektrolityczna	(µS cm ⁻¹)	520	541	542	565	552	588	646	563	590	545
Chlorofil a	(µg dm ⁻³)	0	3,69	4,37	2,91	2,95	3,02	2,97	2,67	7,99	2,38
Chlorki (Cl)	(mg dm ⁻³)	175	317	330	331	400	464	576	517	479	490
Substancje rozpuszczone (TDS)	(g dm ⁻³)	0,3333	0,347	0,345	0,3601	0,356	0,3856	0,4168	0,4213	0,378	0,3505
Azot azotynowy (N-NO ₂)	(mg dm ⁻³)	0,037	0,021	0,024	0,024	0,04	0,034	0,113	0,086	0,009	0,423
Azot azotanowy (N-NO ₃)	(mg dm ⁻³)	1,9	1,2	0,6	0,4	1,2	0,9	0,8	0,6	0,2	1,2
Azot amonowy (N-NH ₃)	(mg dm ⁻³)	0,01	0,08	0,1	0,09	0,19	0,32	1,41	0,72	0,62	0,96
Azot ogólny (N _{og})	(mg dm ⁻³)	2,6	1,7	1,5	0,9	7,9	6,3	6,8	4,2	1,2	3,4
Fosforany (PO ₄)	(mg dm ⁻³)	0,92	0,35	0,89	0,66	0,89	1,23	2,19	1,12	0,69	1,16
Fosfor ogólny (P _{og})	(mg dm ⁻³)	1,27	0,5	1,08	0,86	1,16	1,32	5,19	1,59	0,84	1,32
Przepływ	(m ³ s ⁻¹)	0,0054	0,0071	0,0048	0,0030	0,0002	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0009

Dopływ nr 3 do jeziora Maleszewskiego, charakteryzował się podobnymi wartościami parametrów fizykochemicznych jak dopływ nr 1, za wyjątkiem stężenia azotu amonowego, które było tutaj znacznie niższe (Tabela 5). Jednak w dopływie nr 3, z uwagi na zbyt niski przepływ wody uniemożliwiający pobór prób, badania wykonano tylko w marcu i kwietniu. W ciągu roku kalendarzowego dopływ nr 3 wprowadza do jeziora przynajmniej 0,06 kg N/rok oraz 0,03 kg P/rok.

Tabela 5. Wyniki pomiarów parametrów fizykochemicznych dopływu nr 3 do jeziora Maleszewskiego.

Parametr	Jednostka	Miesiąc	
		III	IV
Temperatura	(°C)	7,29	6,01
Tlen rozpuszczony (O ₂)	(mg dm ⁻³)	10,72	11,54
pH		6,85	5,56
Przewodność elektrolityczna	(µS cm ⁻¹)	731	735
Chlorofil a	(µg dm ⁻³)	0,2	2,4
Chlorki (Cl)	(mg dm ⁻³)	228	345
Substancje rozpuszczone (TDS)	(g dm ⁻³)	0,4681	0,4722
Azot azotynowy (N-NO ₂)	(mg dm ⁻³)	0,034	0,017
Azot azotanowy (N-NO ₃)	(mg dm ⁻³)	1,4	1,8
Azot amonowy (N-NH ₃)	(mg dm ⁻³)	0,13	0
Azot ogólny (N _{og})	(mg dm ⁻³)	1,9	2,2
Fosforany (PO ₄)	(mg dm ⁻³)	0,78	0,75
Fosfor ogólny (P _{og})	(mg dm ⁻³)	0,94	0,88
Przepływ	(m ³ s ⁻¹)	<0,0001	<0,0001

Odływ z jeziora Maleszewskiego cechował się raczej typowymi jak dla porośniętych przez roślinność obszarów wartościami parametrów fizykochemicznych (Tabela 6). Obserwowano tutaj niskie stężenie rozpuszczonego tlenu i relatywnie wysokie stężenie związków fosforu. W ciągu roku kalendarzowego odpływ wyprowadza z jeziora przynajmniej 2,21 kg N/rok oraz 1,14 kg P/rok.

Tabela 6. Wyniki pomiarów parametrów fizykochemicznych odpływu z jeziora Maleszewskiego.

Parametr	Jednostka	Miesiąc									
		III	IV	V	VI	VII 1	VII 2	VIII 1	VIII 2	IX	X
Temperatura	(°C)	8,96	6,5	12,35	17,52	16,65	18,4	20,4	18,8	14,9	7,87
Tlen rozpuszczony (O ₂)	(mg dm ⁻³)	5,8	7,3	5,92	3,62	2,25	3,12	2,18	3,15	4,25	7,01
pH		7,6	7,24	7,92	7,86	7,52	7,68	7,66	7,42	6,44	6,99
Przewodność elektrolityczna	(μS cm ⁻¹)	452	446,2	400	295	305,6	304	315	321	329	351
Chlorofil a	(μg dm ⁻³)	5	24,7	20,82	5,89	3,64	4,11	4,48	4,14	3,29	27,51
Chlorki (Cl)	(mg dm ⁻³)	157	307	252	226	223	336	322	353	304	453
Substancje rozpuszczone (TDS)	(g dm ⁻³)	0,2894	0,2859	0,2437	0,1899	0,1956	0,1923	0,1855	0,1935	0,211	0,2252
Azot azotynowy (N-NO ₂)	(mg dm ⁻³)	0,01	0,011	0,005	0,008	0,018	0,017	0,015	0,009	0,001	0,046
Azot azotanowy (N-NO ₃)	(mg dm ⁻³)	1	0,6	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Azot amonowy (N-NH ₃)	(mg dm ⁻³)	0,01	0,01	0	0,16	0,13	0,13	0,15	0,16	0,01	0,02
Azot ogólny (N _{og})	(mg dm ⁻³)	1,2	1,1	1,4	0,5	2,3	2,1	2,5	1,2	0,8	1,1
Fosforany (PO ₄)	(mg dm ⁻³)	0,4	0,42	0,22	0,31	0,46	0,44	0,68	0,44	0,49	0,55
Fosfor ogólny (P _{og})	(mg dm ⁻³)	0,56	0,65	0,43	0,55	0,58	0,59	0,72	0,62	0,57	0,63
Przepływ	(m ³ s ⁻¹)	0,0034	0,0045	0,0195	0,0084	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0142	0,0166

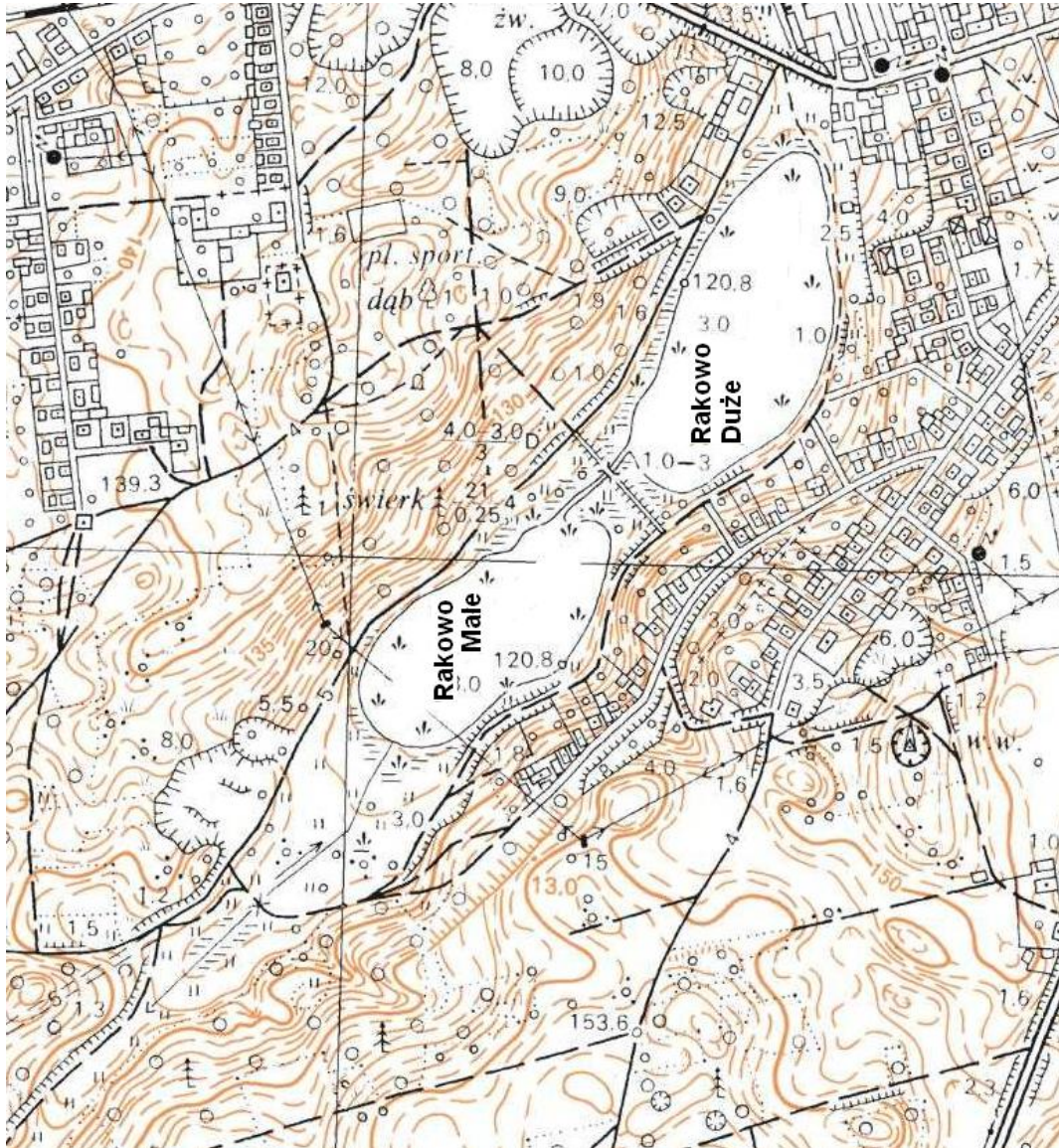
Wyniki badań fizykochemicznych wód jeziora Maleszewskiego wskazują na wysoki stopień zeutrofizowania jego wód, spowodowany prawdopodobnie negatywnym wpływem człowieka, poprzez zrzut nieoczyszczonych ścieków, czy zabiegi hydrologiczne, np. melioracje zlewni rolniczej, degradujących razem środowisko jeziora Maleszewskiego. Świadczą o tym przede wszystkim wysokie wartości pierwiastków biogenych w wodach jeziora oraz aktywnych form tych pierwiastków w dopływach do jeziora. Do wód jeziora trafia rocznie więcej fosforu i azotu (3,41 kg N/rok; 1,46 kg P/rok) niż z niego wypływa, (2,21 kg N/rok; 1,14 kg P/rok) co świadczy o deponowaniu tych związków, najpierw w tkankach bogato występujących makrofitów, a ostatecznie w osadach jeziora. Opierając się na wyliczeniach, wynika, że w jeziorze deponowane jest w ciągu roku przynajmniej 1,2 kg azotu oraz 0,32 kg fosforu, pochodzących tylko z dopływów nie licząc zlewni i wartości tych pierwiastków zawartych w biomacie roślin wodnych. Ponadto, zaznaczyć należy że wartość ta może być znacznie większa ponieważ próbki wody do badań z odpływu pobierane były około

200 m za jeziorem. Odcinek ten jest gęsto porośnięty przez roślinność, co powodowało spadek wartości pierwiastków biogennych pochodzących z jeziora. Dodatkowo znaczna część biogenów mogła tutaj trafiać bezpośrednio ze zlewni rolniczej i zabagnionego obszaru ze znaczną masą rozkładającej się materii organicznej. Stąd, należy wnioskować, że jezioro Maleszewskie zatrzymuje nawet 80-90% ilości pierwiastków biogennych pochodzących z dopływów. Sprzyja temu również długi czas retencji wody w jeziorze. W oparciu o przepływ wody dopływami i odpływem można wnioskować, że w okresie letnim, podczas braku opadów ewaporacja wody jeziora jest większa niż odpływ powierzchniowy. Oznacza to, że zdecydowana większość wody, o ile nie cała jej objętość, która dociera do jeziora dopływami nie trafia do odpływu. Średnia roczna wielkość dopływu wód dopływami powierzchniowymi nr 1, 2 i 3 jest nieznacznie mniejsza niż wielkość odpływu odpływem powierzchniowym, różnica wynosi $0,0007 \text{ m}^3/\text{s}$. Stąd, przypuszczać należy że wielkość tą stanowią spływy powierzchniowe wód z obszarów przyległych do jeziora.

2.2. Jezioro Rakowo Duże

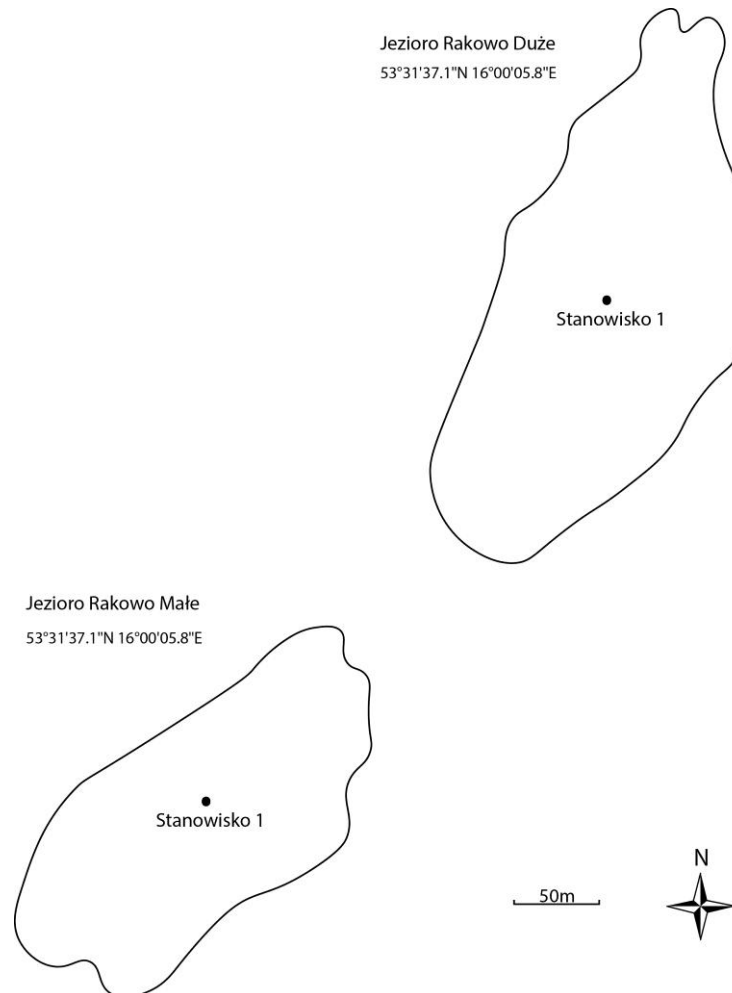
Charakterystyka morfometryczna jeziora Rakowo Duże

Jezioro Rakowo Duże (4,59 ha), leży w zlewni rzeki Drawa. Położone jest na 53°31'35.8" szerokości geograficznej i na 16°00'02.9" długości geograficznej w dorzeczu rzeki Drawy (Filipiak i Raczyński 2000) ma kształt nieregularnego owalu (długość maksymalna – 347 m), (szerokość maksymalna – 151 m, średnia – 132 m), co znajduje swój wyraz we wskaźniku wydłużenia (2,6) oraz słabo rozwiniętej linii brzegowej (WL=1,07).



Rysunek 3. Lokalizacja jeziora Rakowo Duże i Rakowo Małe

Dno zbiornika Rakowo Duże jest umiarkowanie urozmaiczone, stanowi je w większości twarde, gliniaste dno, z warstwą mułu w środkowej części zbiornika oraz w północno-zachodniej strefie. Misa jeziorna jest paraboliczna, wskaźnik głębokości wynosi 0,55. Maksymalna głębokość znajduje się w środkowej części akwenu i wynosi 2,7 m, przy głębokości średniej 1,5 m. Dno jeziora wąskim pasem roślinności porasta prawie całą linię brzegową, za wyjątkiem północnej części, gdzie strefa makrofitów sięga około 20 m w głąb zbiornika. Do jeziora uchodzi jeden dopływ, płynący od strony jeziora Rakowo Małe, jednak charakteryzujący się znikomym przepływem, a w okresie letnim zupełnie zanikającym. Zlewnię jeziora stanowi obszar miejski, łąkowy i leśny (Rysunek 3). Jezioro, posiada stosunkowo niską wartość wskaźnika Schindlera (5,2), co w odniesieniu do niewielkiego negatywnego wpływu ze zlewni czyni je słabo podatnym na degradację.



Rysunek 4. Plan jeziora Rakowa Dużego i Rakowa Małego z zaznaczonym stanowiskiem poboru prób

Tabela 7. Podstawowe cechy morfometryczne jeziora Rakowo Duże

Nazwa cechy	Jednostka	Wartość
Powierzchnia	ha	4,59
Objętość wód	m ³	68850
Długość maksymalna	m	347
Długość efektywna	m	347
Szerokość maksymalna	m	151
Szerokość efektywna	m	151
Szerokość średnia	m	132
Wskaźnik wydłużenia	-	2,6
Wskaźnik rozwoju linii brzegowej	-	1,07
Długość linii brzegowej	m	814
Głębokość maksymalna	m	2,7
Głębokość średnia	m	1,5
Wskaźnik głębokości	-	0,55
Współczynnik Schindlera	-	5,2

Charakterystyka fizykochemiczna wód

Wartości mierzonych parametrów fizykochemicznych zestawiono w tabeli 8.

Na podstawie Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych i w oparciu o Załącznik nr 2 tego rozporządzenia dotyczący wartości granicznych wskaźników jakości wód jednolitych części wód powierzchniowych takich jak jezior lub inny naturalny zbiornik wodny, w tym jezior lub innych zbiorników naturalnych wyznaczonych jako jednolite części wód silnie zmienione oraz sztuczny zbiornik wodny, uznać można, że wody jeziora Rakowo Duże w oparciu o elementy fizykochemiczne, plasują się w II klasie jakości wód. Świadczą o tym nie tak wysokie, jak w jeziorze Maleszewskim i stosunkowo niskie wartości związków biogenych. Wartości graniczne związków azotu i fosforu, jako wskaźniki jakości wody w klasach jakości wód powierzchniowych, według Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska z dnia 11 lutego 2004 każą wody jeziora zaliczyć do I, II i III klasy, w większości do II klasy. Jezioro Rakowo Duże cechuje się także niezbyt wysokimi wartościami przewodności elektrolitycznej

oraz pH, poza okresem letnim, kiedy wartość pH osiągnęła ponad 8, co w połączeniu ze stosunkowo wysokimi wartościami stężenia rozpuszczonego tlenu i chlorofilu *a* może świadczyć o zakwicie fitoplanktonu. Jednak niewielka różnica pomiędzy wartością ogólną fosforu a jego aktywną formą może świadczyć o niezbyt dużej biomacie fitoplanktonu powodującego zakwit. Stężenie chlorków wskazywało na II – III klasę jakości wód. Widzialność krążka Secchi’ego wahała się na średnim poziomie, najmniejsze wartości obserwowano latem. W związku z powyższym wody jeziora nie były prześwietlone do dna, co nie objawiało się porośnięciem makrofitami najgłębszych warstw zbiornika.

Tabela 8. Wyniki pomiarów parametrów fizykochemicznych jeziora Rakowo Duże. D - widzialność krążka Secchi’ego do dna

Parametr	Jednostka	Miesiąc									
		III	IV	V	VI	VII 1	VII 2	VIII 1	VIII 2	IX	X
Temperatura	(°C)	8,08	10,27	15,1	20,36	22,2	22,8	24,15	22,7	17,07	11,66
Tlen rozpuszczony (O ₂)	(mg dm ⁻³)	7,18	8,87	7,71	7,5	10,2	8,65	6,41	6,35	6,32	5,9
pH		8,89	8,23	8,01	7,45	8,8	8,6	8,7	8,65	8,2	8,06
Przewodność elektrolityczna	(μS cm ⁻¹)	410	398	413	437,7	440	437	450,9	446	445	446
Chlorofil a	(μg dm ⁻³)	28	9,98	7,86	15,4	27,9	21,5	10,05	11,2	17,94	12,4
Chlorki (Cl)	(mg dm ⁻³)	147	267	252	242,5	278	265	341	383	453	398
Substancje rozpuszczone (TDS)	(g dm ⁻³)	0,2625	0,2559	0,2645	0,2818	0,2833	0,2541	0,227	0,2153	0,2851	0,2858
Zawiesina	(mg dm ⁻³)	13	13	15	18	25	22	27	29	21	14
Widzialność krążka Secchi’ego	(m)	1,4	1,25	1,35	1,1	0,9	0,8	1,15	1,06	1,1	1,3
Azot azotynowy (N-NO ₂)	(mg dm ⁻³)	0,073	0,045	0,032	0,009	0,002	0,006	0,062	0,041	0,025	0,043
Azot azotanowy (N-NO ₃)	(mg dm ⁻³)	1,9	1,7	0,5	0,4	0,1	0,3	0,4	0,5	0,8	0,3
Azot amonowy (N-NH ₃)	(mg dm ⁻³)	0,06	0	0,02	0,06	0,03	0,03	0,01	0,02	0	0,15
Azot ogólny (N _{og})	(mg dm ⁻³)	2,9	2,4	1,8	1,9	3,3	3,5	3,2	2,5	1,4	2,8
Fosforany (PO ₄)	(mg dm ⁻³)	0,7	0,18	0,3	0,28	0,58	0,49	0,41	0,52	0,68	0,52
Fosfor ogólny (P _{og})	(mg dm ⁻³)	0,8	0,53	0,41	0,38	0,72	0,62	0,53	0,71	0,75	0,63

2.3. Jezioro Rakowo Małe

Charakterystyka morfometryczna jeziora Rakowo Małe

Jezioro Rakowo Małe ma powierzchnię 3,63 ha (Filipiak i Raczyński 2000). Położone jest na 53°31'26.4" szerokości geograficznej i na 15°59'52.2" długości geograficznej w dorzeczu rzeki Drawy (Filipiak i Raczyński 2000) ma kształt nieregularnego owalu (długość maksymalna – 294 m), (szerokość maksymalna – 130 m, średnia – 123 m), co znajduje swój wyraz we wskaźniku wydłużenia (2,4) oraz słabo rozwiniętej linii brzegowej (WL=1,02).

Dno zbiornika jest umiarkowanie urozmaicone, stanowi je w większości gruba warstwa mułu, jednak miejscami na wschodnim i zachodnim brzegu dno jest twarde o strukturze gliniastej. Misa jeziorna jest paraboliczna, wskaźnik głębokości wynosi 0,50. Maksymalna głębokość znajduje się w środkowej części akwenu i wynosi 2,2 m, przy głębokości średniej 1,1 m (Tabela 9). Dno jeziora w szerokim pasie strefy przybrzeżnej porośnięte jest makrofitami, natomiast w północnej części jeziora makrofity zanurzone sięgają około 50 m w głąb zbiornika. Zlewnię jeziora stanowi w niewielkiej części obszar miejski, leśny i łąkowy (Rysunek 3). Jezioro, posiada stosunkowo wysoką wartość wskaźnika Schindlera (14,2), jednak użytkowanie i charakter zlewni nie cechują się negatywnym wpływem na stan wód tego jeziora. Stąd, wartość wskaźnika Schindlera i charakter zlewni pozwalają stwierdzić, że jezioro jest średnio podatne na degradację.

Tabela 9. Podstawowe cechy morfometryczne jeziora Rakowo Małe

Nazwa cechy	Jednostka	Wartość
Powierzchnia	ha	3,63
Objętość wód	m ³	39930
Długość maksymalna	m	294
Długość efektywna	m	294
Szerokość maksymalna	m	130
Szerokość efektywna	m	130
Szerokość średnia	m	123
Wskaźnik wydłużenia	-	2,4
Wskaźnik rozwoju linii brzegowej	-	1,02
Długość linii brzegowej	m	682
Głębokość maksymalna	m	2,2
Głębokość średnia	m	1,1
Wskaźnik głębokości	-	0,50
Współczynnik Schindlera	-	14,2

Charakterystyka fizykochemiczna wód

Wartości mierzonych parametrów fizykochemicznych zestawiono w tabeli 10.

Stan fizykochemiczny wód jeziora Rakowo Małe jest bardzo podobny do stanu wód jeziora Rakowo Duże, za wyjątkiem kilku różnic w wartościach wskaźników fizykochemicznych. Barwa wody i stosunkowo niskie pH pozwalają przypuszczać, że jezioro znajduje się obecnie w stanie początkowej dystrofii. Stan ten nie jest jeszcze głęboko posunięty o czym świadczą zbyt wysokie wartości przewodności elektrolitycznej. Ponadto, widzialność krążka Secchi'ego uzyskiwała tutaj relatywnie wysokie wartości, co nie jest typowe dla jezior dystroficznych. Stąd, wody jeziora były prześwietlone do dna, co sprzyjało rozwojowi roślinności zanurzonej właściwie na całej powierzchni dna. Na podstawie Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych i w oparciu o Załącznik nr 2 tego rozporządzenia dotyczący wartości granicznych wskaźników jakości wód jednolitych części wód powierzchniowych takich jak jezior lub inny naturalny zbiornik wodny, w tym jezior lub

innych zbiorników naturalnych wyznaczonych jako jednolite części wód silnie zmienione oraz sztuczny zbiornik wodny, uznać można, że wody jeziora Rakowo Małe w oparciu o elementy fizykochemiczne, plasują się w II klasie jakości wód. Wartości związków biogennych w tym jeziorze nie osiągają takich wartości, które mogłyby wskazywać na stan spotęgowanej działalnością człowieka eutrofizacji. Podobne stwierdzenie można oprzeć o wartości stężenia chlorofilu *a*, który uzyskał najwyższe wartości w okresie letnim, z pewnością w wyniku rozwoju komórek glonów planktonowych. W okresie tym zaobserwowano, także nieznaczny wzrost stężenia rozpuszczonego tlenu i pH. Niewielka różnica pomiędzy wartością ogólną fosforu a jego aktywną formą może także świadczyć o niezbyt dużej biomacie fitoplanktonu. Wartości graniczne związków azotu i fosforu, jako wskaźniki jakości wody w klasach jakości wód powierzchniowych, według Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska z dnia 11 lutego 2004 każą wody jeziora zaliczyć do I, II i III klasy, w większości, podobnie jak w przypadku jeziora Rakowo Duże, do II klasy. Stężenie chlorków wskazywało na II – III klasę jakości wód.

Tabela 10. Wyniki pomiarów parametrów fizykochemicznych jeziora Rakowo Małe. D - widzialność krążka Secchi'ego do dna

Parametr	Jednostka	Miesiąc									
		III	IV	V	VI	VII 1	VII 2	VIII 1	VIII 2	IX	X
Temperatura	(°C)	8,08	9,95	14,62	20,86	19,08	21,3	22,7	21,5	16,34	10,95
Tlen rozpuszczony (O ₂)	(mg dm ⁻³)	6,33	9,4	7,9	6,18	7,46	6,56	5,8	6,3	5,7	6
pH		6,31	6,15	6,84	6,55	6,98	7,23	7,16	7,02	6,84	6,82
Przewodność elektrolityczna	(μS cm ⁻¹)	411	403	406,5	413	387	372	373	371	369	374
Chlorofil a	(mg dm ⁻³)	13	9,64	8,31	5,46	19,41	17,52	7,75	6,36	4,99	7,03
Chlorki (Cl)	(μg dm ⁻³)	116	233	217,5	184	222	251	325	339	318	356
Substancje Rozpuszczone(TDS)	(g dm ⁻³)	0,2633	0,2581	0,2601	0,2646	0,2477	0,2254	0,239	0,2257	0,2357	0,2391
Zawiesina	(mg dm ⁻³)	6	6	7	6	8	7	7	9	6	6
Widzialność krążka Secchi'ego	(m)	1,6	1,15	1,7	1,8	1,5	1,5	1,95	2,1	2,2	1,8
Azot azotynowy (N-NO ₂)	(mg dm ⁻³)	0,117	0,066	0,077	0,2	0,003	0,06	0,06	0,009	0,007	0,032
Azot azotanowy (N-NO ₃)	(mg dm ⁻³)	1,5	2,1	0,9	0,3	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3
Azot amonowy (N-NH ₃)	(mg dm ⁻³)	0,06	0	0,03	0,05	0,02	0,003	0,01	0,02	0,08	0,04
Azot ogólny (N _{og})	(mg dm ⁻³)	5	4,3	3,3	5,1	5,8	4,6	1,4	1,5	1,3	1,1
Fosforany (PO ₄)	(mg dm ⁻³)	0,29	0,44	0,37	0,57	0,61	0,72	0,8	0,76	0,84	0,76
Fosfor ogólny (P _{og})	(mg dm ⁻³)	0,39	0,52	0,47	0,61	0,71	0,93	0,88	0,89	0,98	0,88

3. Charakterystyka metali ciężkich w wodach jezior

Pobór próbek wody do oznaczeń metali odbywał się w identyczny sposób jak w przypadku poboru do oznaczeń fizykochemicznych. Oznaczenie metali ciężkich w wodzie polegało na przeprowadzeniu mineralizacji wody na mokro ze stężonym kwasem azotowym (HNO₃) w wysokociśnieniowym piecu mikrofalowym MARS 5 firmy CEM. Po jej zakończeniu mineralizaty studzono w temperaturze pokojowej i rozcieńczano wodą destylowaną do objętości 25 cm³. Oznaczenia zawartości metali ciężkich dokonano metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej na aparacie Spectra AA – 110/220 firmy Varian.

Tabela 11. Wyniki oznaczeń metali ciężkich w wodach jezior: Maleszewskie, Rakowo Duże i Rakowo Małe

Miesiąc	Srebro	Miedź	Mangan	Żelazo	Nikiel	Kadm	Ołów	Cynk
Jezioro Maleszewskie								
Kwiecień	0,0027	0,0010	0,1112	0,0423	0,0069	0,0012	0,0198	0,0070
Maj	0,0029	0,0013	0,0251	0,0177	0,0082	0,0015	0,0238	0,0120
Czerwiec	0,0021	0,0014	0,1419	0,1029	0,0093	0,0012	0,0219	0,0138
Lipiec 1	0,0022	0,0005	0,0555	0,0314	0,0077	0,0014	0,0215	0,0149
Lipiec 2	0,0021	0,0005	0,0365	0,0298	0,0079	0,0013	0,0254	0,0152
Sierpień 1	0,0025	0,0006	0,1787	0,0204	0,0082	0,0013	0,0231	0,0179
Sierpień 2	0,0023	0,0006	0,0132	0,0326	0,0075	0,0014	0,0215	0,0154
Wrzesień	0,0024	0,0007	0,1147	0,0336	0,0068	0,0012	0,0198	0,0137
Jezioro Rakowo Duże								
Czerwiec	0,0024	0,0021	0,0487	0,0307	0,0109	0,0015	0,0219	0,0092
Wrzesień	0,0017	0,0011	0,0271	0,0255	0,0095	0,0017	0,0239	0,0190
Jezioro Rakowo Małe								
Czerwiec	0,0018	0,0010	0,0278	0,0147	0,0070	0,0016	0,0238	0,0176
Wrzesień	0,0023	0,0002	0,0177	0,0108	0,0084	0,0015	0,0231	0,0159

Srebro. Zakres zawartości srebra w wodzie wynosił od 0,0017 mgAg·dm⁻³ na stanowisku Rakowo Małe w czerwcu 2015 roku do 0,0029 mgAg·dm⁻³ na stanowisku Maleszewo w kwietniu 2015 roku. Średnia zawartość miedzi wyniosła 0,0022 mgAg·dm⁻³. Klasa czystości I, ponieważ wartość graniczna wynosi ≤ 0,005 mgAg·dm⁻³ dla klasy I i II.

Miedź. Zakres zawartości miedzi w wodzie wynosił od 0,0002 mgCu·dm⁻³ na stanowisku Rakowo Małe we wrześniu 2015 roku do 0,0021 mgCu·dm⁻³ na stanowisku Rakowo Duże w czerwcu 2015 roku. Średnia zawartość miedzi wyniosła 0,0009 mgCu·dm⁻³. Klasa czystości I, ponieważ wartość graniczna wynosi ≤ 0,05 mgCu·dm⁻³ dla klasy I i II.

Mangan. Zakres zawartości manganu w wodzie wynosił od $0,0177 \text{ mgMn}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowisku Rakowo Małe we wrześniu 2015 roku do $0,1787 \text{ mgMn}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowisku Maleszewo w sierpniu 2015 roku. Średnia zawartość manganu wyniosła $0,0748 \text{ mgMn}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Żelazo. Zakres zawartości żelaza w wodzie wynosił od $0,0108 \text{ mgFe}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowisku Rakowo Małe we wrześniu 2015 roku do $0,1029 \text{ mgFe}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowisku Maleszewo w czerwcu 2015 roku. Średnia zawartość żelaza wyniosła $0,0330 \text{ mgFe}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Nikiel. Zakres zawartości niklu w wodzie wynosił od $0,0068 \text{ mgNi}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowisku Maleszewo we wrześniu 2015 roku do $0,0109 \text{ mgNi}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowisku Rakowo Duże w czerwcu 2015 roku. Średnia zawartość niklu wyniosła $0,0083 \text{ mgNi}\cdot\text{dm}^{-3}$. Klasa czystości I, ponieważ wartość graniczna wynosi $20 \mu\text{gNi}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Kadm. Zakres zawartości kadmu w wodzie wynosił od $0,0012 \text{ mgCd}\cdot\text{dm}^{-3}$ na trzech stanowiskach Maleszewo (kwiecień, czerwiec i wrzesień 2015 roku) do $0,0017 \text{ mgCd}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowisku Rakowo Duże we wrześniu 2015 roku. Średnia zawartość kadmu wyniosła $0,0014 \text{ mgCd}\cdot\text{dm}^{-3}$. Klasa czystości I dla większości stanowisk, ponieważ maksymalne dopuszczalne stężenie (zależne od twardości wody) wynosi od $\leq 0,45$ do $1,5 \mu\text{gNi}\cdot\text{dm}^{-3}$. Jedynie woda pobrana ze stanowisk Rakowo Małe (czerwiec 2015) oraz Rakowo Duże (wrzesień 2015) nie mieści się w w/w zakresie.

Ołów. Zakres zawartości ołowiu w wodzie wynosił od $0,0198 \text{ mgCu}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowiskach Maleszewo (kwiecień i wrzesień 2015) do $0,0239 \text{ mgPb}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowisku Rakowo Duże we wrześniu 2015 roku. Średnia zawartość ołowiu wyniosła $0,0222 \text{ mgPb}\cdot\text{dm}^{-3}$. Klasa czystości I, ponieważ maksymalne dopuszczalne stężenie wynosi $7,2 \mu\text{gPb}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Cynk. Zakres zawartości cynku w wodzie wynosił od $0,0070 \text{ mgZn}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowisku Maleszewo w kwietniu 2015 roku do $0,0019 \text{ mgZn}\cdot\text{dm}^{-3}$ na stanowisku Rakowo Duże we wrześniu 2015 roku. Średnia zawartość miedzi wyniosła $0,0141 \text{ mgZn}\cdot\text{dm}^{-3}$.

4. Charakterystyka metali ciężkich w osadach dennych

Osady denne do oznaczeń metali ciężkich pobierano z wierzchnich warstw dna przy użyciu czerpacza osadów dennych Van Veen'a. Przed oznaczeniem metali ciężkich w osadach, suszono je w temperaturze pokojowej, rozcierano w moździerzu i przesiewano przez sito o średnicy oczek 2 mm. Odważano 1 g powietrznie suchej i zhomogenizowanej próbki w naczyniu teflonowym HP-500. Po dodaniu $10 \text{ cm}^3 \text{ HNO}_3 : \text{HClO}_4 (3:1)$ (Sigma – Aldrich) próbki pozostawiano w temperaturze pokojowej na 24 godziny. Następnie umieszczano w piecu mikrofalowym Mars 5 firmy CEM i mineralizowano stosując 3-stopniową

mineralizację według schematu. Po ostudzeniu do temperatury pokojowej mineralizaty przenoszono do próbek i rozcieńczano wodą destylowaną do 25 cm³.

Tabela 12. Wyniki oznaczeń metali ciężkich w osadach jezior: Maleszewskie, Rakowo Duże i Rakowo Małe

	Srebro	Miedź	Mangan	Żelazo	Nikiel	Kadm	Ołów	Cynk
Jezioro Maleszewskie								
Marzec	0,78	13,08	404,08	11050,76	12,25	1,00	25,32	80,41
Kwiecień	1,04	12,10	2346,45	12182,61	14,13	1,22	31,15	109,68
Maj	0,91	10,22	2815,74	10144,91	9,84	0,97	23,96	173,72
Czerwiec	1,16	20,04	493,60	10554,29	21,19	1,49	57,43	192,89
Lipiec	1,23	21,45	486,32	85327,15	19,76	1,35	56,32	188,56
Sierpień	1,72	23,91	564,85	8936,57	18,08	1,29	41,55	180,73
Wrzesień	1,09	20,11	844,84	17098,65	15,77	1,33	48,43	175,83
Październik	1,54	20,15	755,53	11256,20	17,52	1,25	45,28	168,54
Jezioro Rakowo Duże								
Marzec	0,54	12,33	438,51	5957,71	5,29	0,70	15,78	66,76
Kwiecień	1,21	7,47	1523,10	7924,22	11,81	2,46	24,00	98,55
Maj	0,80	5,09	646,72	3993,44	7,26	0,95	15,63	51,03
Czerwiec	0,42	6,37	328,98	6763,27	8,47	1,13	15,59	50,45
Lipiec	0,56	6,21	346,14	6652,30	8,26	1,18	17,45	68,40
Sierpień	0,65	6,29	552,97	6859,27	7,96	1,12	18,13	99,32
Wrzesień	0,64	8,64	550,50	8121,74	8,61	0,86	19,57	56,53
Październik	0,63	7,40	536,20	7896,54	8,45	1,15	18,45	59,63
Jezioro Rakowo Małe								
Marzec	0,97	8,94	900,15	6342,63	7,64	1,07	23,80	100,45
Kwiecień	0,78	22,01	850,80	7367,17	11,40	0,97	37,67	184,40
Maj	0,71	10,30	887,92	7367,17	10,45	1,11	40,86	80,43
Czerwiec	0,66	10,17	182,61	11399,10	11,23	1,00	42,49	53,02
Lipiec	0,69	10,25	187,00	7896,40	11,85	1,12	43,57	53,69
Sierpień	0,70	10,05	467,00	8792,25	12,88	1,10	45,81	54,27
Wrzesień	0,63	10,39	1518,97	7036,19	8,81	0,93	34,14	66,70
Październik	0,68	10,23	772,32	7756,01	9,20	1,12	41,20	59,60

Srebro. Zakres zawartości srebra dla osadów dennych wynosił od 0,04212 mgAg·kg⁻¹ - J. Rakowo Duże VI'2015 do 1,7164 mgAg·kg⁻¹ - J. Maleszewskie VIII'2015. Średnia zawartość srebra wyniosła 8,8555 mgAg·kg⁻¹. Stopień zanieczyszczenia osadów na większości stanowisk wynosi 1, czyli są to osady niezanieczyszczone. Wyjątek stanowi osad pobrany z J. Maleszewskie VIII'2015, gdzie stopień zanieczyszczenia wyniósł 2, czyli jest to osad umiarkowanie zanieczyszczony.

Miedź. Zakres zawartości miedzi dla osadów dennych wynosił od 5,0947 mgCu·kg⁻¹ - J. Rakowo Duże V'2015 do 23,9139 mgCu·kg⁻¹ - J. Maleszewskie VIII'2015. Średnia zawartość miedzi wyniosła 12,0852 mgCu·kg⁻¹. Stopień zanieczyszczenia osadów na większości stanowisk wynosi 1, czyli są to osady niezanieczyszczone. Jedynie - J. Maleszewskie VIII'2015, Maleszewskie VI'2015, J. Maleszewskie IX'2015 i J. Rakowo Małe V'2015 stopień zanieczyszczenia wyniósł 2, czyli były to osady umiarkowanie zanieczyszczone.

Mangan. Zakres zawartości manganu dla osadów dennych wynosił od 328,98 mgMn·kg⁻¹ - J. Rakowo Duże VI'2015 do 2815,74 mgMn·kg⁻¹ - J. Maleszewskie V'2015. Średnia zawartość manganu wyniosła 906,5439 mgCu·kg⁻¹.

Żelazo. Zakres zawartości żelaza dla osadów dennych wynosił od 3993,44 mgFe·kg⁻¹ - J. Rakowo Duże V'2015 do 17098,65 mgFe·kg⁻¹ - J. Maleszewskie IX'2015. Średnia zawartość miedzi wyniosła 8771,774 mgFe·kg⁻¹.

Nikiel. Zakres zawartości niklu dla osadów dennych wynosił od 5,2863 mgNi·kg⁻¹ - J. Rakowo Duże III'2015 do 21,1948 mgNi·kg⁻¹ - J. Maleszewskie VI'2015. Średnia zawartość miedzi wyniosła 11,2829 mgNi·kg⁻¹. Stopień zanieczyszczenia osadów na większości stanowisk wynosi 1, czyli są to osady niezanieczyszczone. Jedynie J. Maleszewskie VIII'2015, J. Maleszewskie VI'2015 i J. Maleszewskie IX'2015 stopień zanieczyszczenia wyniósł 2, czyli były to osady umiarkowanie zanieczyszczone.

Kadm. Zakres zawartości kadmu dla osadów dennych wynosił od 0,7016 mgCd·kg⁻¹ - J. Rakowo Duże III'2015 do 2,4578 mgCd·kg⁻¹ - J. Rakowo Duże IV'2015. Średnia zawartość miedzi wyniosła 1,1495 mgCd·kg⁻¹. Stopień zanieczyszczenia osadów na większości stanowisk wynosi 1, czyli są to osady niezanieczyszczone. Jedynie J. Rakowo Duże IV'2015 - stopień zanieczyszczenia wyniósł 2, czyli były to osady umiarkowanie zanieczyszczone.

Ołów. Zakres zawartości ołowiu dla osadów dennych wynosił od 15,5854 mgPb·kg⁻¹ - J. Rakowo Duże VI'2015 do 57,4311 mgPb·kg⁻¹ - J. Maleszewskie VI'2015. Średnia zawartość ołowiu wyniosła 31,1829 mgPb·kg⁻¹. Stopień zanieczyszczenia osadów J. Maleszewskie VIII'2015, J. Maleszewskie VI'2015, J. Maleszewskie IV'2015, J. Rakowo Małe V'2015, J. Rakowo Małe V'2015, J. Rakowo Duże X'2015, J. Rakowo małe VI'2015, J. Rakowo małe III'2015 wynosi 2, czyli są to osady umiarkowanie zanieczyszczone. Z kolei na stanowiskach nr J. Rakowo Duże IV'2015, J. Maleszewskie III'2015, J. Maleszewskie IX'2015, J. Maleszewskie V'2015, J. Rakowo Duże V'2015, J. Rakowo Duże III'2015, J. Rakowo Małe V'2015, J. Rakowo Duże IX'2015, J. Rakowo Duże VI'2015, J. Rakowo Duże III'2015 stopień zanieczyszczenia wyniósł 1, czyli były to osady niezanieczyszczone.

Cynk. Zakres zawartości ołowiu dla osadów dennych wynosił od 50,4543 mgZn·kg⁻¹ - J. Rakowo Duże VI'2015 do 192,885 mgZn·kg⁻¹ - J. Maleszewskie VI'2015. Średnia zawartość ołowiu wyniosła 104,1741 mgZn·kg⁻¹. Stopień zanieczyszczenia osadów J. Maleszewskie VIII'2015, J. Maleszewskie VI'2015, J. Maleszewskie IX'2015, J. Maleszewskie V'2015 i J. Rakowo Małe V'2015 wynosi 2, czyli są to osady umiarkowanie zanieczyszczone. Na pozostałych stanowiskach stopień zanieczyszczenia wyniósł 1, czyli były to osady niezanieczyszczone.

5. Charakterystyka osadów dennych pod kątem węgla i fosforu

Pobór próbek osadów do oznaczeń węgla i fosforu odbywał się w identyczny sposób jak w przypadku poboru do oznaczeń metali. Zawartość węgla organicznego w osadach oznaczono za pomocą detekcji bezdyspersyjnej absorpcji w podczerwieni (NDIR), po mineralizacji próbki w temperaturze 1200°C. Zawartość fosforu w osadach wykonano metodą miareczkową po mineralizacji próbki w temp. 500°C.

Uzyskane zawartości węgla i fosforu wydają się być typowe dla osadów, jednak należy tutaj wyraźnie podkreślić, że osady pobierane były z wierzchnich warstw, a wraz z głębokością osadów dennych spada ilość węgla i fosforu.

Tabela 13. Zawartość węgla organicznego i fosforu (P₂O₅) w osadach jeziora Maleszewskiego. TC - węgiel ogólny, TIC – węgiel nieorganiczny, TOC – węgiel organiczny

	TC	TIC	TOC	P ₂ O ₅
Miesiąc	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[%]
Marzec	153,8	16,21	137,59	0,88
Kwiecień	308,3	22,35	285,95	0,96
Maj	235,7	17,85	217,85	1,11
Czerwiec	116,4	9,00	107,4	0,58
Lipiec	116,7	9,22	107,5	0,52
Sierpień	116,6	8,95	107,65	0,64
Wrzesień	130,2	23,76	106,44	0,16
Październik	128,9	21,5	107,4	0,44

Tabela 14. Zawartość węgla organicznego i fosforu (P₂O₅) w osadach jeziora Rakowo Duże.

TC - węgiel ogólny, TIC – węgiel nieorganiczny, TOC – węgiel organiczny

	TC	TIC	TOC	P ₂ O ₅
Miesiąc	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[%]
Marzec	25,28	4,62	20,66	0,89
Kwiecień	351,5	16,20	335,3	0,58
Maj	425,4	0,4	425,0	0,34
Czerwiec	409,6	2,21	407,39	0,51
Lipiec	344,8	3,5	341,3	0,55
Sierpień	288,7	25,95	262,75	0,58
Wrzesień	280,2	5,33	274,87	0,65
Październik	281,5	9,4	272,1	0,56

Tabela 15. Zawartość węgla organicznego i fosforu (P₂O₅) w osadach jeziora Rakowo Małe.

TC - węgiel ogólny, TIC – węgiel nieorganiczny, TOC – węgiel organiczny

	TC	TIC	TOC	P ₂ O ₅
Miesiąc	[g/kg]	[g/kg]	[g/kg]	[%]
Marzec	352,8	1,59	351,21	0,79
Kwiecień	287,8	10,98	276,82	0,54
Maj	342,0	9,56	332,44	0,80
Czerwiec	290,3	1,50	288,8	0,58
Lipiec	244,3	2,33	22,1	0,63
Sierpień	268,7	2,22	266,48	0,74
Wrzesień	324,0	4,07	319,93	0,73
Październik	307,7	5,3	302,4	0,82

6. Charakterystyka fitoplanktonu

6.1. Jezioro Maleszewskie

Fitoplankton jest zbiorowiskiem organizmów przeważnie samożywnych, zdolnych do produkowania z prostych związków nieorganicznych materii organicznej. Jest jednym z podstawowych elementów ekosystemów wodnych. Występuje najczęściej w zbiornikach wodnych. W przypadku jezior głównym środowiskiem ich życia jest toń wodna oraz strefa przybrzeżna [1].

Próby fitoplanktonu pobierano 1 raz w miesiącu od marca do października. Analizy dotyczyły składu gatunkowego oraz liczebności glonów w poszczególnych próbach. Utrwalony, zgodnie z przyjętą metodyką, materiał, poddano analizie jakościowej i ilościowej przy użyciu mikroskopu biologicznego. Gatunki glonów oznaczano przy pomocy kluczy [2,3,4,5,6,7,8]. Za osobnika przyjęto zarówno pojedyncze komórki (np. *Lagerheimia*,

Closterium, *Tetraëdron*), cenobia (np. *Pediastrum*, *Scenedesmus*) jak i kolonie (np. *Microcystis*, *Woronichinia*). W badaniach nie uwzględniano jednokomórkowego pikoplanktonu.

W próbach pobranych z jeziora Maleszewskiego oznaczono łącznie 157 taksonów glonów (gatunki lub w randze rodzaju) należących do 7 grup systematycznych (Tab. 16).

Tabela 16. Skład taksonomiczny fitoplanktonu jeziora Maleszewskiego

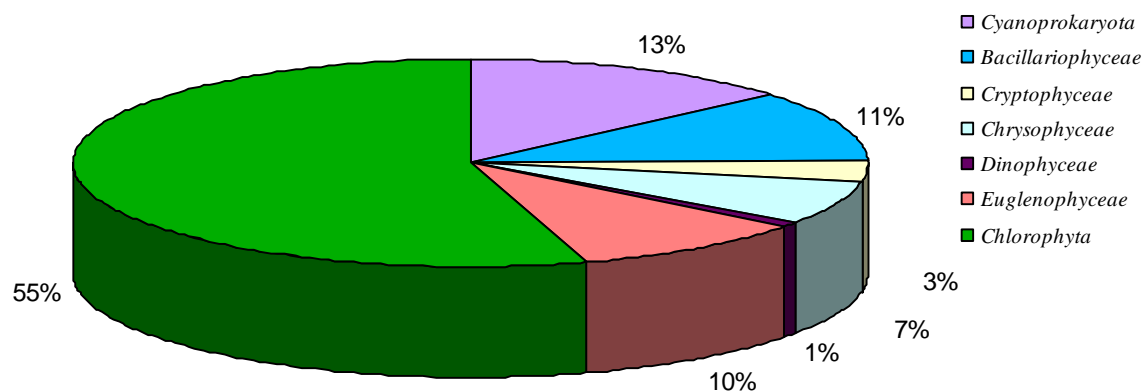
Nazwa grupy systematycznej	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
Cyanoprokaryota								
<i>Anabaena sp.</i>			+		+	+		
<i>Aphanizomenon sp.</i>					+			
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>			+					
<i>Aphanocapsa holastica</i>			+		+	+		
<i>Aphanocapsa sp.</i>		+	+		+	+		+
<i>Aphanothece sp.</i>			+			+		
<i>Chroococcus sp.</i>					+	+		+
<i>Coelomoron sp.</i>					+	+		
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	+			+	+	+	+	
<i>Limnothrix redekei</i>	+					+		
<i>Lyngbya contorta</i>						+		
<i>Merismopedia sp.</i>				+				
<i>Microcystis</i>			+	+	+	+		
<i>Oscillatoria sp.</i>			+		+		+	
<i>Phormidium sp.</i>						+	+	
<i>Planktolyngbya sp.</i>						+		
<i>Planktothrix sp.</i>				+	+			
<i>Pseudanabaena sp.</i>			+			+		
<i>Snowella sp.</i>					+			
Bacillariophyceae								
<i>Asterionella formosa</i>			+					
<i>Cocconeis sp.</i>					+		+	+
<i>Craticula sp.</i>							+	
<i>Cyclotella sp.</i>	+	+	+			+	+	
<i>Cymbella sp.</i>			+	+	+		+	
<i>Diatoma sp.</i>			+				+	
<i>Eunotia sp.</i>					+			
<i>Fragillaria crotonensis</i>			+	+				
<i>Fragillaria sp.</i>	+			+			+	
<i>Fragillaria ulna</i>	+		+				+	
<i>Gomphonema sp.</i>				+	+		+	
<i>Navicula sp.</i>	+	+		+	+	+	+	

<i>Nitzschia acicularis</i>	+		+	+	+	+		
<i>Pinnularia sp.</i>	+		+	+				
<i>Staurisira sp.</i>		+						
<i>Synedra sp.</i>	+	+	+	+				
Cryptophyceae								
<i>Chroomonas sp.</i>					+		+	
<i>Cryptomonas erosa</i>			+	+	+			+
<i>Cryptomonas rostatiformis</i>				+	+	+	+	+
<i>Cryptomonas sp.</i>	+	+	+	+	+			
Chrysophyceae								
<i>Chrysococcus sp.</i>	+	+						
<i>Dinobryon divergens</i>			+					
<i>Dinobryon sertularia</i>	+							
<i>Dinobryon sp.</i>		+	+		+			
<i>Kephyrion rubi-klaustrii</i>	+							
<i>Kephyrion spirale</i>							+	
<i>Kephyrion spp.</i>								+
<i>Pseudokephyrion sp.</i>								+
<i>Mallomonas sp.</i>				+				
<i>Synura sp.</i>			+				+	
Dinophyceae								
<i>Peridinium sp.</i>	+	+	+		+			
Euglenophyceae								
<i>Euglena hemichromata</i>			+			+		
<i>Euglena sp.</i>			+	+	+	+	+	
<i>Euglena viridis</i>	+							
<i>Leptocinclis acus</i>	+					+		
<i>Leptocinclis sp.</i>						+		
<i>Monomorphina pyrum</i>	+		+					
<i>Phacus acuminatus</i>			+			+		
<i>Phacus caudatus</i>					+			
<i>Phacus helicoides</i>				+				
<i>Phacus sp.</i>	+			+	+	+		
<i>Strombomonas sp.</i>			+		+			
<i>Trachelomonas hispida</i>	+							
<i>Trachelomonas sp.</i>	+				+	+		+
<i>Trachelomonas volvocina</i>	+				+			
Chlorophyta								
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	+		+					
<i>Ankistrodesmus sp.</i>			+		+			
<i>Ankyra judayi</i>				+				
<i>Ankyra lanceolata</i>			+					
<i>Carteria sp.</i>	+		+			+		
<i>Chlamydomonas sp.</i>			+					

<i>Chlorella sp.</i>			+			+	+	+
<i>Chloromonas sp.</i>				+		+		+
<i>Closterium moniliferum</i>					+			
<i>Closterium sp.</i>			+					
<i>Closterium sp.</i>	+	+		+	+		+	
<i>Coelastrum astroideum</i>						+		
<i>Coelastrum microporum</i>					+			
<i>Coelochaete sp.</i>					+			
<i>Cosmarium trilobulatum</i>				+				
<i>Cosmarium fontigenum</i>				+				
<i>Cosmarium sp.</i>					+	+		
<i>Cosmarium subprotumidium</i>				+				
<i>Crucigeniella apiculata</i>					+			
<i>Crucigeniella rectangularis</i>					+			
<i>Desmodesmus armatus</i>			+			+		
<i>Desmodesmus communis</i>	+							
<i>Desmodesmus opoliensis</i>			+					
<i>Desmodesmus quadricauda</i>			+					
<i>Desmodesmus sp.</i>			+			+		
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>							+	
<i>Dictyosphaerium sp.</i>			+			+		
<i>Elakatothrix sp.</i>	+				+	+		
<i>Eudorina elegans</i>			+	+	+	+		
<i>Eutetramorus sp.</i>						+		
<i>Golenkinia radiata</i>			+					
<i>Golenkinia sp.</i>			+					
<i>Kirchneriella irregularis</i>			+					
<i>Kirchneriella obesa</i>			+		+			
<i>Koliella sp.</i>	+		+					
<i>Lagerheimia ciliata</i>			+					
<i>Lagerheimia sp.</i>			+					
<i>Mallomonas</i>			+	+				
<i>Micractinium pusillum</i>			+					
<i>Micractinium sp.</i>					+			
<i>Monoraphidium arcuatum</i>			+					
<i>Monoraphidium contortum</i>			+					
<i>Monoraphidium griffi thii</i>			+					
<i>Monoraphidium minutum</i>			+					
<i>Monoraphidium sp.</i>	+							
<i>Mougeotia</i>					+			
<i>Oocystis sp.</i>			+	+	+			+
<i>Pediastrum biradiatum</i>					+			

<i>Pediastrum boryanum</i>		+		+	+	+		
<i>Pediastrum duplex</i>			+	+				
<i>Pediastrum tetras</i>			+	+	+	+		
<i>Phacotus lenticularis</i>			+		+	+		
<i>Phacotus sp.</i>	+	+		+				
<i>Planktonema</i>					+			
<i>Planktosphaeria</i>				+				
<i>Polyedriopsis spinulosa</i>				+				
<i>Pteromonas angulosa</i>			+					
<i>Pteromonas sp.</i>			+			+		
<i>Quadrigula sp</i>								
<i>Scenedesmu arcuatus</i>						+		
<i>Scenedesmus acuminatus</i>				+				
<i>Scenedesmus dimorphus</i>				+	+			
<i>Scenedesmus ecornis</i>			+					
<i>Scenedesmus obtusus</i>				+	+			
<i>Scenedesmus sp.</i>		+	+		+	+		+
<i>Selenastrum sp.</i>							+	
<i>Sorastrum sp.</i>					+			
<i>Spirogyra</i>				+				
<i>Staurastrum sp</i>			+					
<i>Stauroidesmus dejectus</i>					+			
<i>Stauroidesmus sp</i>					+			
<i>Tetraëdron minimum</i>		+	+	+	+	+		
<i>Tetraëdron triangulare</i>			+	+		+		
<i>Tetraedron trigonum</i>			+					
<i>Tetrastrum glabrum</i>			+					
<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>			+					
<i>Ulothrix</i>					+			

Wśród stwierdzonych taksonów oznaczonych w jeziorze Maleszewskim ponad połowa z nich należała do *Chlorophyta* (55%). Udział *Cyanoprokaryota*, *Bacillariophyceae* oraz *Euglenophyceae* był zbliżony i wyniósł odpowiednio: 13 % dla sinic, 11 % dla okrzemek oraz 10 % dla euglenin. *Chrysophyceae* stanowiły 7 % badanej populacji. *Cryptophyceae* i *Dinophyceae* tworzyły najmniej liczną grupę - 3 i 1% odpowiednio (Rys.6).



Rysunek 6. Procentowy udział poszczególnych grup fitoplanktonu w liczbie stwierdzonych taksonów

Wiosną największy udział (jakościowy) w tworzeniu zbiorowiska glonów planktonowych miały *Chlorophyta*. W okresie od marca do maja stwierdzono obecność 46 taksonów zielenic, 12 taksonów okrzemek, 11 taksonów euglenin, 10 taksonów sinic, 6 taksonów złotowiciowców, 2 taksony kryptofitów oraz 1 takson dinofitów. Skład jakościowy zielenic we wczesnowiosennym okresie był raczej ubogi i mało zróżnicowany – oznaczono łącznie 8 taksonów. Nagły wzrost różnorodności zaobserwowano późną wiosną. W maju, w badanych próbach, oznaczono 40 taksonów w randze rodzaju i gatunków. Dominującą grupę stanowiły zielenice z rzędu *Chlorococcales*. Były to najczęściej organizmy planktonowe, kosmopolityczne i charakterystyczne dla jezior oraz stawów o różnym stopniu zeutrofizowania. Kolejną grupą to *Bacillariophyceae*. W okresie wiosennym oznaczone taksony należały w większości do kosmopolitycznych *Pennales*, jak np. okrzemki z rodzaju *Fragilaria*, *Navicula*, czy też *Nitzschia*. Okrzemki należące do *Centrales* reprezentował tylko jeden rodzaj – *Cyclotella*. W tej grupie również odnotowano wzrost liczby taksonów w maju, lecz nie tak wyraźny jak w przypadku zielenic. Trzecia – istotna pod względem liczby gatunków grupa w tym okresie – to *Euglenophyta*, reprezentowana przez taksony, przeważnie z rodzaju *Trachelomonas* oraz *Euglena*. Jedynie w kwietniu nie zanotowano obecności euglenin w analizowanych próbach. Podobnie jak w przypadku zielenic i okrzemek,

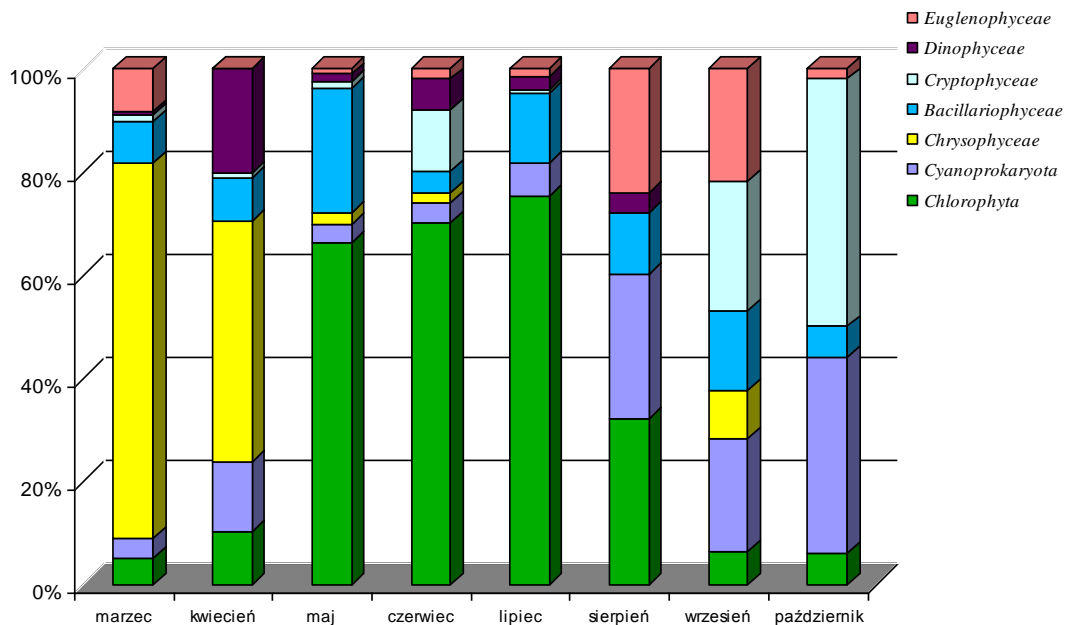
oznaczone organizmy należały do pospolicie występujących w różnych zbiornikach wodnych, nawet silnie zanieczyszczonych oraz porośniętych makrofitami. W wiosennym planktonie obecne były również *Cyanoprokaryota*, a liczba taksonów zmieniała się od 2 w marcu, 1 w kwietniu do 8 w maju. W próbach zidentyfikowano również *Chrysophyceae*, *Cryptophyceae* oraz *Dinophyceae*. Jednak ich skład gatunkowy był ubogi. Pomimo dominacji zielenic w strukturze gatunkowej, liczebnie w okresie wiosennym (marzec - kwiecień) dominowały *Chrysophyceae*. Wczesną wiosną w zbiorniku zaobserwowano ich masowy rozwój ($6624000 \text{ osob.dm}^{-3}$) (Rys. 7). W marcu zanotowano również dużą liczebność *Euglenophyta* ($756000 \text{ osob.dm}^{-3}$), a dominującym rodzajem był *Trachelomonas*. W maju natomiast wraz z zielenicami współdominowały liczebnie *Bacillariophyceae* ($840000 \text{ osob.dm}^{-3}$).

Letnia struktura fitoplanktonu była podobna do wiosennej. Stwierdzono utrwaloną dominację zielenic (49 taksonów) i systematyczny wzrost liczby sinic: z 8 w maju do 13 w sierpniu. Oznaczono również 11 taksonów okrzemek i euglenin, 1 taksony dinofitów i kryptofitów, oraz złotowiciowców.

Chlorophyta reprezentowały przede wszystkim glony z rodzaju *Pediastrum*: *P. boryanum* i *P. tetras* a także, rzadziej *P. duplex* i *P. biradiatum*, oraz rodzaj *Scenedesmus* i *Desmodesmus*, *Tetraedron*, a także, w mniejszym stopniu, przez taksony z rodzajów *Closterium*, *Cosmarium* i *Staurastrum*, *Monoraphidium*. Również ilościowo dominowały zielenice - $630000 \text{ osob.dm}^{-3}$. W okresie letnim odnotowano obecność *Cryptomonas rostatiformis* (*Cryptophyceae*), ubikwistycznego gatunku, który spotykany jest często w wodach obfitujących w H_2S . Gatunek ten już do końca sezonu był stałym elementem struktury populacji glonów. Zbiorowisko *Cyanoprokaryota*, podobnie jak wiosną, utworzone było głównie przez glony tworzące kolonie jak np. *Aphanocapsa*, *Gomphosphaeria* czy *Microcistis*. Eugleniny reprezentowane były przez te same taksony co wiosną, za wyjątkiem *Monomorpha pyriformis* – który w badanych próbach był obecny tylko wiosną. Liczebnie dominowały *Chlorophyta* – średnia w okresie letnim wyniosła $552000 \text{ osob.dm}^{-3}$. Zanotowano spadek liczebności okrzemek z $568000 \text{ osob.dm}^{-3}$ wiosną do $88000 \text{ osob.dm}^{-3}$. Podobnie było wśród *Cyanoprokaryota* - liczba osobników zmniejszyła się z $224000 \text{ osob.dm}^{-3}$ wiosną do $68000 \text{ osob.dm}^{-3}$.

Jesienią struktura fitoplanktonu była podobna do wiosennej. Oznaczono taksony: zielenic (7), okrzemek (9), sinic (5), złotowiciowców (4), kryptofitów (3) oraz euglenin (2). W próbach nie stwierdzono glonów należących do *Dinophyceae*. Jesienią zanotowano spadek liczby wszystkich taksonów z poszczególnych grup. Zielenice w dalszym ciągu stanowiły trzon populacji fitoplanktonu jeziora. Liczebnie dominowały *Cryptophyceae* (średnia 192000

osob.dm⁻³), z uwagi na masowy wzrost liczebności *Cryptomonas rostatiformis* w październiku. W tym okresie zaczęły też licznie pojawiać się sinice. Średnia liczebność sinic w okresie jesiennym wyniosła 156000 osob.dm⁻³, natomiast zielenic 60000 osob.dm⁻³.



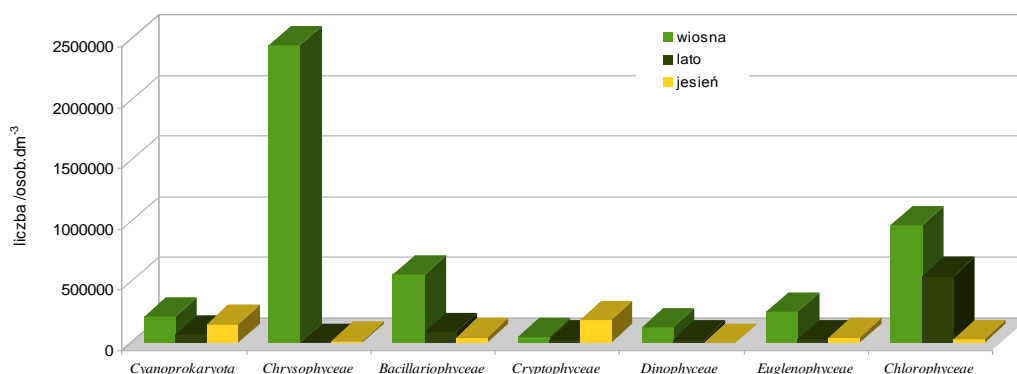
Rysunek 7. Procentowy udział poszczególnych grup fitoplanktonu w całkowitej liczbie osobników

W badanym zbiorniku zaobserwowano dość dużą różnorodność planktonu; odnotowano obecność gatunków planktonowych, zarówno jeziornych jak i stawowych oraz drobnozbiornikowych, a także wód wolno płynących. W analizowanym okresie najczęściej pojawiały się gatunki o małej objętości komórek i szybkim wzroście (zielenice chlorokokkalne z rodzaju *Scenedesmus*; *Monoraphidium*), kryptofity (*Cryptomonas*) oraz okrzemki (*Cyclotella*). Występowały też licznie gatunki o mniejszym wskaźniku reprodukcji (dinofity, eugleniny, sinice). Większość zidentyfikowanych taksonów pojawiała się sporadycznie, ich obecność najczęściej notowano od 1 do 4 razy w okresie badawczym. Przeważnie były to taksony ubikwistyczne, głównie należące do zielenic. W badanym zbiorniku zanotowano niemal stałą obecność typowo eutroficznych rodzajów zielenic: *Pediastrum*, *Scenedesmus* i *Desmodesmus*, sinic: *Microcystis*, oraz okrzemek: *Fragilaria*, *Navicula*. Dodatkowo w zbiorniku zaobserwowano stałą obecność i dość liczną różnorodność euglenin. Może to świadczyć o dobrych dla ich rozwoju warunkach. *Euglenophyceae*

preferują bowiem zbiorniki płytkie i bogate w materię organiczną (np. *Trachelomonas volvocina*, *Phacus acuminatus*) [10]. Latem i jesienią notowano występowanie gatunku należącego do *Cryptophyceae* - *Cryptomonas rostratiformis*, który masowo pojawił się w październiku, a który, dobrze rozwija się również w wodach zasobnych w siarkowodor. Taksony z rodzaju *Cryptomonas* mogą powodować zakwity [1].

Największą liczebność fitoplankton osiągnął wiosną (Rys. 8), kiedy w marcu pojawił się zakwit wywołany przez *Chrysophyceae*, co jest zjawiskiem często notowanym [11]. Złotowiciowce zazwyczaj rozwijają się w wodach czystych, o niskiej koncentracji fosforu i nutrientów [12]. Dlatego też może to sugerować niski stopień zeutrofizowania wód tego zbiornika w okresie wczesnowiosennym.

Na początku sezonu wegetacyjnego obserwowano wzrost liczebności glonów. Następnie, z końcem lata, notowano powolny spadek liczebności każdej z grup, za wyjątkiem *Cryptophyceae*. Podobną zależność zaobserwowano w przypadku różnorodności taksonomicznej. Generalnie zbiorowisko fitoplanktonu jeziora wskazuje na eutrofię, pomimo iż nie było zdominowane przez sinice.



Rysunek 8. Średnia liczebność poszczególnych taksonów występujących w badanych próbach w sezonie

Tabela 17. Liczebność osobników fitoplanktonu w jeziorze Maleszewskim (osob. dm⁻³)

Takson	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
Cyanoprokaryota	360000	192000	120000	24000	96000	84000	84000	228000
Chrysophyceae	6624000	660000	84000	12000	0	0	36000	0
Bacillariophyceae	744000	120000	840000	24000	204000	36000	60000	36000
Cryptophyceae	108000	12000	48000	72000	12000	0	96000	288000
Dinophyceae	60000	288000	48000	36000	36000	12000	0	0
Euglenophyceae	756000	0	36000	12000	24000	72000	84000	12000
Chlorophyta	456000	144000	2316000	420000	1140000	96000	24000	36000

6.2. Jezioro Rakowo Duże i Rakowo Małe

W jeziorach Rakowo Duże i Małe oceny fitoplanktonu dokonano w sierpniu. W próbach pobranych w sierpniu z tych jezior oznaczono łącznie 98 taksonów glonów (gatunki lub w randze rodzaju) należących do - 8 grup systematycznych (Tab. 18).

Tabela 18. Skład taksonomiczny sierpniowej populacji fitoplanktonu jezior Rakowo Duże i Rakowo Małe

Takson	Rakowo Duże	Rakowo Małe
Cyanoprokaryota		
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	+	
<i>Anabaena sp.</i>	+	
<i>Aphanocapsa sp.</i>	+	+
<i>Aphanothece sp.</i>	+	
<i>Chroococcus limneticus</i>	+	
<i>Chroococcus turgidus</i>	+	
<i>Chroococcus sp.</i>	+	+
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	+	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	+	
<i>Microcystis sp.</i>	+	+
<i>Oscillatoria sp.</i>	+	+
<i>Snowella sp.</i>	+	
<i>Merismopedia sp</i>	+	
Chrysophyceae		
<i>Dinobryon cylindricum</i>	+	+
<i>Dinobryon sertularia</i>	+	
<i>Dinobryon sp.</i>	+	+
Xantophyceae		
<i>Ophiocytium capitatum</i>	+	
Bacillariophyceae		
<i>Cymbella sp.</i>	+	+
<i>Cyclotella sp.</i>	+	
<i>Diatoma sp.</i>	+	

<i>Fragillaria sp</i>		+
<i>Fragillaria ulna</i>	+	+
<i>Navicula sp.</i>	+	
<i>Nitzschia sp.</i>	+	+
<i>Tabellaria sp.</i>	+	
<i>Synedra sp.</i>		+
Cryptophyceae		
<i>Chroomonas sp.</i>	+	
Dinophyceae		
<i>Ceratium hirundinella</i>	+	+
<i>Peridiniopsis sp.</i>	+	+
<i>Peridinium aciculiferum</i>	+	
<i>Peridinium bipes</i>	+	+
<i>Peridinium sp.</i>	+	+
Euglenophyceae		
<i>Euglena sp.</i>	+	
<i>Leptocinclis sp.</i>	+	+
<i>Monomorphina sp</i>	+	
<i>Phacus caudatus</i>		+
<i>Phacus longicaudata</i>	+	+
<i>Phacus sp.</i>		+
<i>Phacus helicoides</i>		+
<i>Trachelomonas volvocina</i>	+	
<i>Trachelomonas hispida</i>	+	+
<i>Trachelomonas sp.</i>	+	+
Chlorophyta		
<i>Chlorella sp.</i>	+	+
<i>Coelastrum astroideum</i>	+	+
<i>Coelastrum microporum</i>	+	+
<i>Coelastrum reticulatum</i>	+	
<i>Coelastrum sp.</i>	+	
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	+	+
<i>Crucigenia quadrata</i>	+	+
<i>Crucigeniella crucifera</i>	+	
<i>Dictyosphaerium sp.</i>	+	
<i>Eutetramorus sp.</i>	+	
<i>Franceia sp.</i>	+	
<i>Golenkinia radiata</i>	+	
<i>Granulocystis sp.</i>	+	
<i>Keratococcus sp.</i>	+	
<i>Kirchneriella sp.</i>	+	+
<i>Lagerheimia ciliata</i>	+	
<i>Lagerheimia wratislaviensis</i>	+	
<i>Monoraphidium contortum</i>	+	
<i>Monoraphidium sp.</i>	+	
<i>Monoraphidium minutum</i>	+	+
<i>Nephrocytium sp.</i>	+	
<i>Oocystis marssonii</i>	+	
<i>Oocystis sp.</i>	+	
<i>Pediastrum biradiatum var. biradiatum</i>	+	

<i>Pediastrum boryanum</i>	+	
<i>Pediastrum duplex</i>	+	
<i>Pediastrum simplex</i>	+	
<i>Pediastrum tetras</i>	+	
<i>Phacotus lenticularis</i>	+	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	+	
<i>Scenedesmu arcuatus</i>	+	
<i>Scenedesmus abundans</i>	+	
<i>Scenedesmus dimorphus</i>		+
<i>Scenedesmus disciformis</i>	+	
<i>Scenedesmus obtusus</i>	+	+
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	+	
<i>Scenedesmus spinosus</i>	+	
<i>Scenedesmus sp.</i>	+	+
<i>Sorastrum spinulosum</i>		+
<i>Tetrachlorella sp.</i>	+	
<i>Treubaria sp.</i>	+	
<i>Tetraëdron caudatum</i>	+	
<i>Tetraëdron minimum</i>	+	
<i>Tetraëdron triangulare</i>	+	
<i>Tetrastrum glabrum</i>	+	
<i>Tetrastrum triangulare</i>	+	
<i>Tetrastrum sp.</i>	+	
<i>Teilingia sp.</i>	+	
<i>Treubaria sp.</i>	+	
<i>Cosmarium fontigenum</i>	+	
<i>Cosmarium sp</i>	+	+
<i>Selenastrum gracile</i>	+	
<i>Selenastrum sp.</i>	+	
<i>Staurastrum gracile</i>	+	+
<i>Staurastrum planctonicum</i>	+	
<i>Staurastrum sp</i>	+	+

Rakowo Duże

Letnia struktura fitoplanktonu była zdominowana przez drobne zielenice kokalne. Łącznie oznaczono 53 taksony. *Cyanoprokaryota* były reprezentowane przez 13 taksonów. Oznaczono również 6 taksonów *Bacillariophyceae*, 7 *Euglenophyceae*, 5 taksonów *Dinophyceae*, 3 *Chrysophyceae* oraz 1 takson *Xantophyceae* i *Cryptophyceae*. *Chlorophyta* reprezentowały głównie glony z rodzaju *Scenedesmus*, *Tetraedron* (*Tetraedron minimum*), *Coleastrum* oraz *Pediastrum*: *P. boryanum* i *P. tetras* a także, *P. duplex* i *P. biradiatum*. Odnotowano również obecność *P. simplex*, gatunku obcego dla północnych regionów Europy. Jest to gatunek, podobnie jak większość zidentyfikowanych, żyjący w wodach zarówno eutroficznych, jak i hyperoficznych [9]. Nie stwierdzono dominacji któregośkolwiek z oznaczonych taksonów, jakkolwiek licznie zielenice były dominującą grupą w tym okresie

(5748000 osob.dm⁻³). Zbiorowisko *Cyanoprokaryota* złożone było głównie z sinic należących do rodzaju *Microcystis*. Są to sinice tworzące grube powierzchniowe skupiska w eutroficznym oraz hipertroficznym jeziorach i należą do najbardziej kosmopolitycznych sinic. Ich rozwój obserwuje się przeważnie od sierpnia, kiedy to zaczyna stanowić główny składnik fitoplanktonu [13]. Kolonie w badanym jeziorze przyjmowały przeważnie kuliste kształty. Różniły się też wielkością. Obserwowano zarówno niewielkie kolonie (ok. 20-30 μm), jak i przekraczające 200 μm, które mogą opadać w toni wodnej nawet do 10 m i wędrować ponownie na powierzchnię wody [14]. W analizowanym okresie sinice, po *Chlorophyta*, były drugą liczebnie współdominującą grupą (828000 osob.dm⁻³). Kolejny takson - eugleniny - reprezentowany był przez rodzaj *Trachelomonas* i *Phacus*. Pozostałe taksony notowane były sporadycznie. Podobnie jak w przypadku zielenic i sinic, oznaczone organizmy należały do pospolicie występujących w różnych zbiornikach wodnych, również zanieczyszczonych, a także porośniętych makrofitami. W badanych próbach zanotowano stosunkowo dużą liczebność *Dinophyceae* (600000 osob.dm⁻³) oraz *Chrysophyceae* (456000 osob.dm⁻³), miksotroficznych glonów, których zwiększona obecność mogła być związana ze spadkiem przezroczystości wody (wywołanym np. przez obecność roślinności lub dużą liczbą kolonii sinic).

Rakowo Małe

W sierpniu odnotowano obecność glonów należących do 6 taksonów. Podobnie jak w jeziorze Rakowo Duże, dominującą (jakościowo i ilościowo) grupą były *Chlorophyta* (2700000 osob.dm⁻³). Oznaczono jednak tylko 14 taksonów. Były to najczęściej glony należące do rodzaju *Coelastrum*, *Scenedesmus* oraz *Chlorella*. Obecność pozostałych notowana była sporadycznie, nierzadko raz. Zidentyfikowane glony, podobnie jak w Rakowie Dużym należały do pospolitych, zasiedlających różne zbiorniki często eutroficzne. Również w tym jeziorze zaobserwowano większą liczebność (w stosunku do pozostałych grup) *Dinophyceae* (204000 osob.dm⁻³) oraz *Chrysophyceae* (168000 osob.dm⁻³). Eugleniny reprezentowane był przez rodzaj *Trachelomonas* oraz *Phacus*. Spośród oznaczonych taksonów z rodzaju *Phacus*, zidentyfikowano *Phacus helicoides*. Jest to gatunek, jak większość, kosmopolityczny, zasiedlający różne zbiorniki, ale preferujący wody nieznacznie lub umiarkowanie zanieczyszczone [15]. Pozostałe taksony notowane były sporadycznie i należały do pospolicie występujących w różnych zbiornikach wodnych, również zanieczyszczonych a także porośniętych makrofitami. Sinice w analizowanym okresie stanowiły nieliczną grupę (96000 osob.dm⁻³), były to przeważnie drobne kolonijne sinice z

rodzaju *Aphanocapsa*, sporadycznie notowano niewielkie, pojedyncze kolonie *Microcistis* oraz *Chroococcus*. Nitkowate sinice notowano również incydentalnie, a ich trychomy były bardzo krótkie.

Letnia dominacja zielenic w obu zbiornikach, a także *Dinophyceae* oraz *Chrysophyceae* nad *Cyanoprokaryota* mogła być związana z głębokością badanych jezior. Płytkie zbiorniki, mimo dużej ilości biogenów, uniemożliwiają namnażanie sinic, a sprzyjają rozwojowi drobnych zielenic, charakteryzujące się wysokim wskaźnikiem wzrostu [16].

Tabela 19. Liczebność komórek fitoplanktonu w wodach jezior Rakowo Duże i Rakowo Małe (osob. dm⁻³)

Takson	Rakowo Duże	Rakowo Małe
Cyanoprokaryota	828000	96000
Chrysophyceae	456000	168000
Bacillariophyceae	132000	72000
Dinophyceae	600000	204000
Euglenophyceae	108000	48000
Chlorophyta	5748000	2700000
Xantophyceae	36000	0

Literatura

1. B. Kawecka, P. V. Eloranta. 1994. *Zarys ekologii glonów wód słodkich i środowisk lądowych*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1994,
2. Starmach K. 1989. Plankton roślinny wód słodkich. Metody badania i klucze do oznaczania gatunków występujących w wodach Europy Środkowej. s. 496. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa – Kraków
3. Burchardt L.(red.). 2014. Key to identification of phytoplankton species in lakes and rivers]. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences,
4. Pliński, M., Hindák F., 2010. Flora Zatoki Gdańskiej i wód przyległych (Bałtyk Południowy). Zielenice – Chlorophyta (Green Algae). Part one: Non-filamentous green algae (7/1). Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego; Ilość stron: 240;
5. Pliński, M., Hindák F., 2012. Flora Zatoki Gdańskiej i wód przyległych (Bałtyk Południowy). Zielenice – Chlorophyta (Green Algae). Part one: Filamentous green algae (7/2). Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego; Ilość stron: 140
6. Pliński M., Komárek J. 2007. Flora Zatoki Gdańskiej i wód przyległych (Bałtyk Południowy). Sinice - Cyanobakterie (Cyanoprokaryota). Wydawnictwo Uniwersytetu

Gdańskiego; Ilość stron: 154;

7. Marcin Pliński, Konrad Wołowski. 2008. Flora zatoki Gdańskiej i wód przyległych (Bałtyk Południowy). Eugleniny - Euglenophyta (Euglenoids). Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego
8. Bucka H., Wilk-Woźniak E. 2007. Glony pro- i eukariotyczne zbiorowisk fi toplanktonu w zbiornikach wodnych Polski Południowej.. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków. s. 352
9. Wilk-Woźniak E, Najberek K. 2013. Towards clarifying the presence of alien algae in inland waters-can we predict places of their occurrence? *Biologia*; 68/5: 838–844.
10. Poniewoźnik M. 2009. Różnorodność taksonomiczna w obrębie rodzaju *Trachelomonas* (Euglenaceae) w dawnej, małej gliniance. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 16 (2): 415-424
11. Kajak Z. 1998. *Hydrobiologia – limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*. PWN, Warszawa:
12. Jachniak E., Leszek Kozak J. 2011. Glony planktonowe – bioindykatory poziomu zeutrofizowania dwóch zbiorników zaporowych: Wapienicy i Kozłowej Góry *Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce*. Vol. 12, s. 43–50

7. Charakterystyka makrofitów

7.1. Jezioro Maleszewskie

Wody jeziora Maleszewskiego dość silnie podlegają procesowi eutrofizacji (wzrostu żyzności), a co się z tym wiąże są doskonałym środowiskiem dla wzrostu roślinności wodnej i bagiennej. Zbiornik ten charakteryzuje się typową dla silnie zeutrofizowanych wód śródlądowych strefowością hydrofitów (Bernatowicz i Wolny 1974). W rozmieszczeniu roślin w tym zbiorniku następują wyraźne zmiany, wywołane odmiennymi warunkami środowiskowymi, panującymi na różnych głębokościach, które prowadzą do wytworzenia się charakterystycznych stref ekologicznych flory.

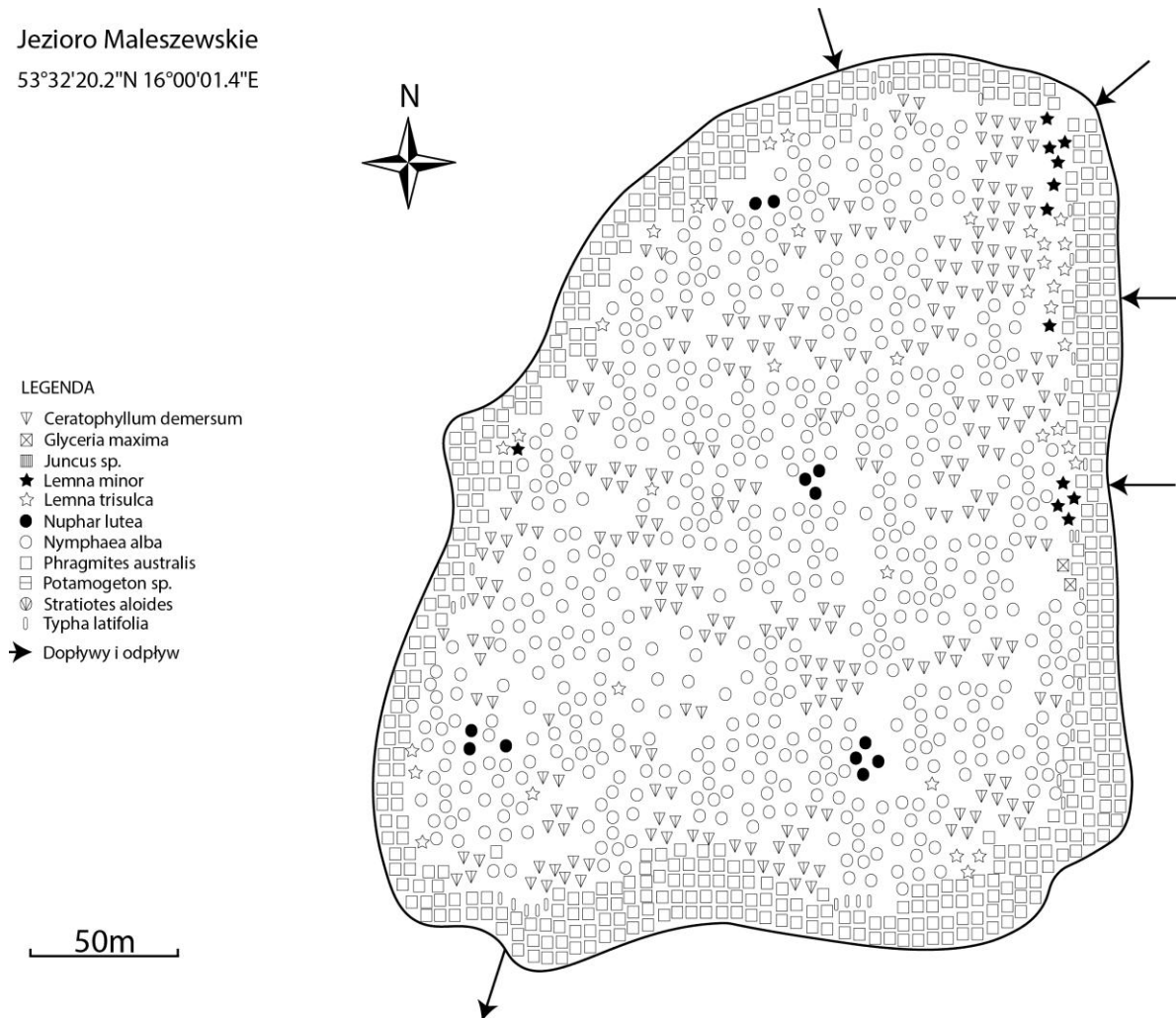
Gatunki roślin oznaczano za pomocą standardowych leksykonów i kluczy do oznaczania roślinności wodnej. Zajmowaną powierzchnię procentową obliczono metodą kwadratów proponowaną przez Bernatowicza i Wolnego (1974).

Właściwie 100% powierzchni dna zbiornika było porośnięte roślinnością wodną. Oprócz tego w jeziorze w kilku miejscach stwierdzano obecność pleuston. Bogatą strefę roślinności wodnej w jeziorze Maleszewskim stanowią Helofity, czyli rośliny zakorzenione w dnie o wynurzonych ponad powierzchnię wody pędach wegetatywnych i owocujących. W

płytkiej wodzie i na terenach zabagnionych zanotowano bardzo nielicznie i słabo rozwinięty pas szuwarów, reprezentowanych przez czermień błotną - *Calla palustris* (1 stanowisko), niezapominajkę błotną - *Myosotis palustris* (2 stanowiska), turzyce (*Carex sp.*) oraz tatarak zwyczajny (*Acorus calamus*). Zdecydowaną powierzchnię pośród helofitów stanowi rozwijająca się na płytkiej wodzie przybrzeżnej trzcina pospolita (*Phragmites communis*), niemalże w 100% długości linii brzegowej. W mniejszych ilościach występuje tutaj pałka szerokolistna – *Typha latifolia*. Obie rośliny zajmowały tutaj odpowiednio 26 i 5% dna jeziora. Wśród tej grupy roślin zaobserwowano także obecność manny mielec – *Glyceria maxima* oraz Sit – *Juncus sp.*, które razem porastały 7% powierzchni dna. Na całej powierzchni dna jeziora, poza strefą helofitów, występowały nimfeidy - grupa składająca się z roślin zakorzenionych w dnie o liściach pływających na powierzchni wody. W jeziorze Maleszewskim wśród roślin tej grupy stwierdzono występowanie grzybienia białego - *Nymphaea alba* i grążela żółtego - *Nuphar luteum*. Jednakże, zdecydowanym dominantem był tutaj grzybień biały porastając 22% dna. Natomiast grązel żółty stanowił tylko 4% powierzchni roślin porastających dno jeziora. Kolejną strefę roślinności jeziora Maleszewskiego stanowią elodeidy, czyli rośliny strefy litoralnej, całkowicie zanurzone o organach generatywnych wystających nad powierzchnię wody. Wśród roślin należących do elodeidów, zanotowano występowanie przede wszystkim rogatka sztywnego – *Ceratophyllum demersum* (19% porośnięcia powierzchni) i rdestnic – *Potamogeton sp.* (Rys. 9). Roślinność zanurzona występuje do głębokości maksymalnej 1,1 m. W jeziorze zaobserwowano również obecność isoetidów – roślinności zakorzenionej w dnie, ale nie osiagającej częściami wegetatywnymi powierzchni wody. Wśród nich zanotowano jedynie osokę aloesowatą stanowiącą 6% powierzchni dna porośniętej przez makrofity. Oprócz ww. gatunków roślin w miejscach płytkich, wśród trzcinowisk zanotowano przedstawicieli pleuston, który stanowią rośliny nie zakorzenione w dnie, wolno unoszące się na powierzchni wody i nie tworzące trwałych zbiorowisk. W jeziorze Maleszewskim należą do nich dwa gatunki rzęsy – *Lemna trisulca*, *Lemna minor* razem porastając 9% powierzchni wody jeziora.

Postępująca eutrofizacja jeziora Maleszewskiego, związana ze wzrostem zasobów soli mineralnych w wodzie (dopływ składników mineralnych ze zlewni bezpośredniej i z osadów), prowadziła przez długie lata do rozrastania się pasa roślinności wynurzonej i zanurzonej do niekorzystnie dużych rozmiarów. Płytką wodą jeziora i długi czas retencji wody, przy uwzględnieniu cieków powierzchniowych, oraz wysokie stężenia pierwiastków biogennych w wodzie i w osadach, szczególnie fosforu stwarzają dogodne warunki do rozwoju roślinności wodnej oraz do podniesienia poziomu trofii. Pogarszanie się jakości wody w jeziorze może

być związane ze sływem do wód jeziora nadmiernych ilości biogenów, ale również z nadmiernym rozwojem makrofitów (Vollenveider 1968). Stąd, w wyniku nadmiernego rozrastania się i gnicia roślinności wodnej w jeziorze Maleszewskim może w nim dojść, w perspektywie czasu do pogorszenia warunków, przede wszystkim sanitarnych, ze względu na zbyt dużą ilość siarkowodoru zawartego w osadach. Ponadto, z całą pewnością przy obecnych strukturach jakościowych i ilościowych roślinności wodnej nie zostanie tutaj osiągnięty bardzo dobry lub dobry stan (potencjał) ekologiczny wód.

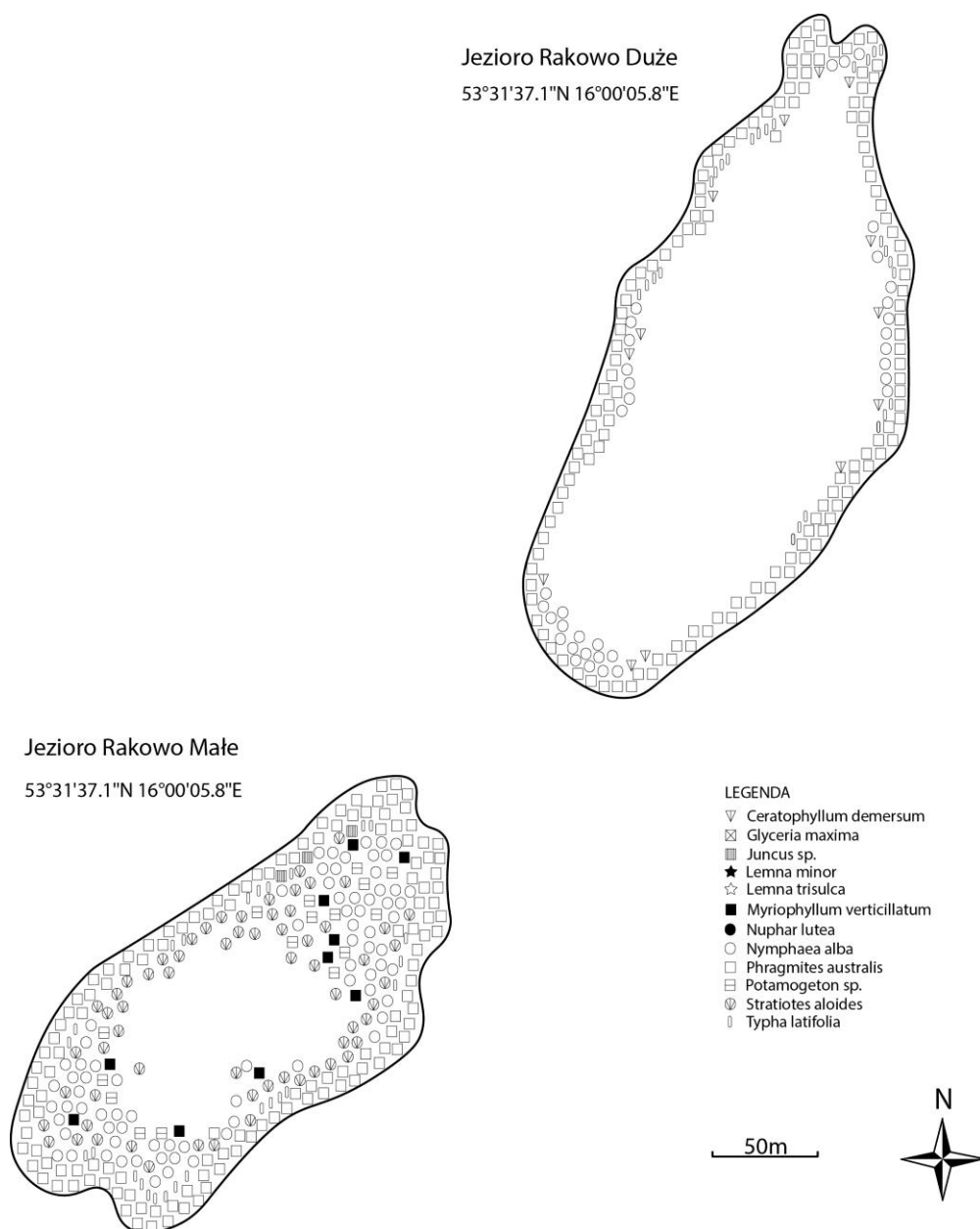


Rysunek 9. Rozmieszczenie roślinności wodnej w jeziorze Maleszewskim

7.2. Jezioro Rakowo Duże

Jeziro Rakowo duże porośnięte jest przez roślinność wodną w 23% powierzchni dna zbiornika. Największą strefę roślinności wodnej w jeziorze Maleszewskim stanowi wąski pas helofitów, który kształtowany jest przez trzcinę pospolitą (21% powierzchni dna), zajmującą całą linię brzegową oraz przez pałkę szerokolistną porastającą 0,02% powierzchni dna. Pośród helofitów sporadycznie spotykana była manna mielec i sit. W jeziorze Rakowo Duże

wśród nimfeidów stwierdzono występowanie grzybienia białego (0,05% powierzchni dna) i sporadycznie grążela żółtego. Elodeidy reprezentowane były przez rogatka sztywnego zajmującego 0,02% powierzchni dna jeziora. Oprócz tego w pojedynczych przypadkach obserwowano wśród amfifitów: turzyce oraz tatarak zwyczajny. Zdecydowaną powierzchnię pośród helofitów stanowi rozwijająca się na płytkiej wodzie przybrzeżnej trzcina pospolita (*Phragmites communis*), niemalże w 100% długości linii brzegowej. Struktura gatunkowa i ilościowa makrofitów jeziora Rakowo Duże raczej nie wskazuje na istotne przeżyźnienie wód zbiornika. Może to być również uwarunkowane stromym i twardym dnem, w którym makrofity nie znajdują dogodnych warunków do rozwoju. Wydaje się także, że w związku z powyższym biogeny zawarte w wodzie i docierające do niej ze zlewni wykorzystywane są przez fitoplankton, tworzący w okresie letnim zakwit, ograniczający prześwietlenie wód zbiornika dna i tym samym brak możliwości rozwoju makrofitów, pomimo stosunkowo małej głębokości tego jeziora. Stąd, istotnym wydaje się być tutaj przeprowadzenie bardziej szczegółowych badań, gdyż jezior Rakowo Duże, spośród trzech analizowanych jezior cechuje się najlepszymi warunkami sanitarnymi i ekologicznymi.



Rysunek 10. Rozmieszczenie roślinności wodnej w jeziorach Rakowo Duże i Rakowo Małe

7.3. Jezioro Rakowo Małe

Roślinność wodna jeziora Rakowo Małe porasta 57% powierzchni dna zbiornika. Helofity stanowią tutaj bogatą strefę roślinności wodnej obejmując szerokim pasem 100% długości linii brzegowej. Wśród nich zdecydowanym dominantem jest trzcina pospolita, która porasta 30% powierzchni dna. Następne rośliny należące do tej grupy, pałka szerokolistna, sity i manna mielec zajmują odpowiednio 0,04%; 0,005% i 0,005% powierzchni dna jeziora. Nimfeidy, które porastały 14% powierzchni dna, były właściwie reprezentowane tylko przez grzybień biały, sporadycznie obserwowano grąźel żółty. Wśród roślin należących do elodeidów, zanotowano występowanie wywłócznika okółkowego – *Myriophyllum*

verticillatum (0,02% porośnięcia powierzchni), rdestnic (0,03%) i sporadycznie rogatka sztywnego – *Ceratophyllum demersum*. W jeziorze Rakowo Małe występowała stosunkowo licznie osoka aloesowata porastając 12% powierzchni dna. Oprócz ww. roślin w podmokłych i płytkich strefach brzegowych jeziora, przed strefą helofitów sporadycznie obserwowano następujące gatunki amfifitów: czermień błotną, miętę nawodną (*Mentha aquatica*), niezapominajkę błotną, turzyce, tatarak zwyczajny, kosaciec żółty (*Iris pseudacorus*), szczaw lancetowaty (*Rumex hydrolapathum*) oraz szale jadowity (*Cicuta virosa*). Wyniki obserwacji i badań makrofitów jeziora Rakowo Małe, co prawda wskazują na stan zeutrofizowania zbiornika, lecz proces eutrofizacji wydaje się w obecnym czasie zachodzić naturalnie. W jeziorze występuje duża różnorodność gatunkowa roślin z dominantami typowymi dla tego typu zbiorników, znajdujących się w zlewni łąkowo-leśnej.

Literatura

- Bernatowicz S., Wolny P. 1974. Botanika dla rybaków i Limnologów. PWRiL. Warszawa.
- Vollenweider, R. A. (1968). Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorous as factors in eutrophication.- OECD. Directorate for Sc. Affairs, Paris. DAS/Csi/. 68: 1-182.

8. Charakterystyka zooplanktonu

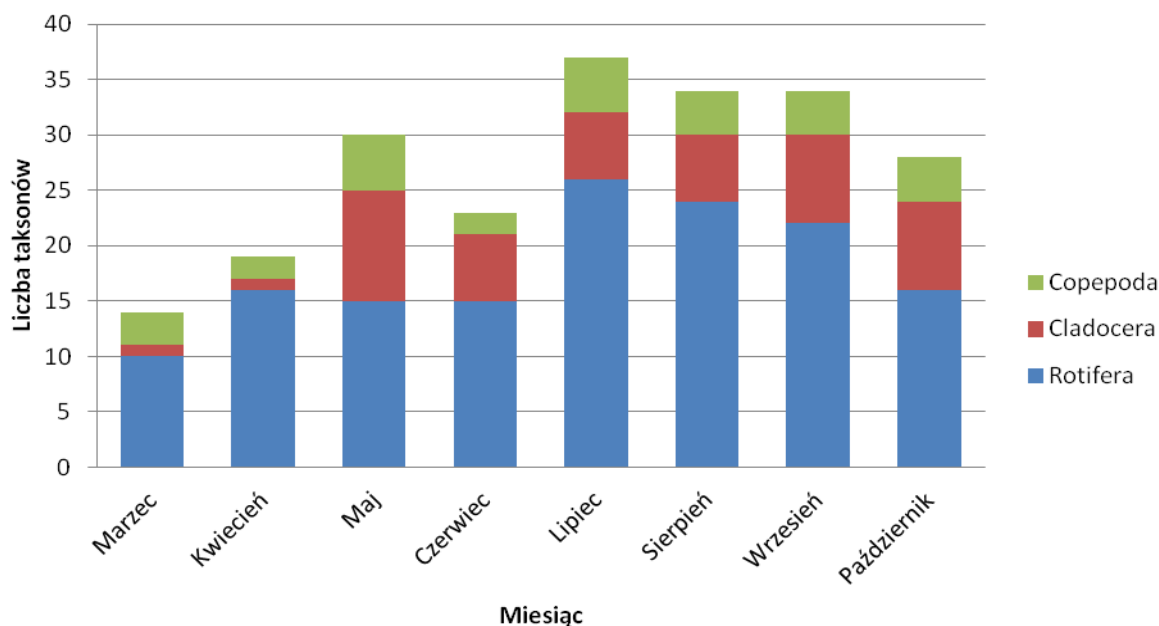
Zooplankton z uwagi na centralne usytuowanie w piramidzie troficznej jezior jest wrażliwy na zmiany abiotyczne i biotyczne w środowisku, wywołane przez czynniki naturalne jak i antropogeniczne. Odgrywa on bardzo istotną rolę w ekosystemach wodnych, z jednej strony kontroluje rozwój fitoplanktonu, natomiast z drugiej stanowi bazę pokarmową dla ryb. W małych jeziorach przymiejskich struktury zooplanktonu podlegają silnej antropopresji, która wpływa głównie na przyspieszenie procesu eutrofizacji zbiorników. Na podstawie badań zooplanktonu jezior, możemy określić stan trofii jak i zagrożenie ichtioeutrofizacją.

Próby do oznaczeń jakościowych i ilościowych zespołów zooplanktonu jezior Maleszewskie, Rakowo Duże i Rakowo Małe pobrano z jednego stanowiska znajdującego się w najgłębszym punkcie jeziora. Próby pobierane były w miesiącach od marca do października w 2015 roku. Z każdego stanowiska pobierano próbę ilościową, precedując 30 dm³ wody przez siatkę z gazy młyńskiej o wielkości oczka 20 µm. Próby zagęszczano do objętości 40 ml, następnie konserwowano je w 4% roztworze formaldehydu. Oceny jakościowej i ilościowej dokonywano w laboratorium przy użyciu komory zooplanktonowej oraz

mikroskopu Nikon Eclipse 50i. W celu identyfikacji poszczególnych taksonów zooplanktonu użyto standardowych kluczy; Wagler (1937), Kutikova (1970), Kiefer i Fryer (1978), Radwan (2004), Rybak & Błędzki (2010). W każdej z prób mierzono długość, co najmniej 30 osobników każdego gatunku. Biomasę zooplanktonu obliczono na podstawie opublikowanych zależności pomiędzy rozmiarami a masą poszczególnych gatunków. Przy przeliczaniu długości zwierząt na ich ciężar korzystano z tabel Morduchaj – Bołtowska (1954) oraz Starmach (1955).

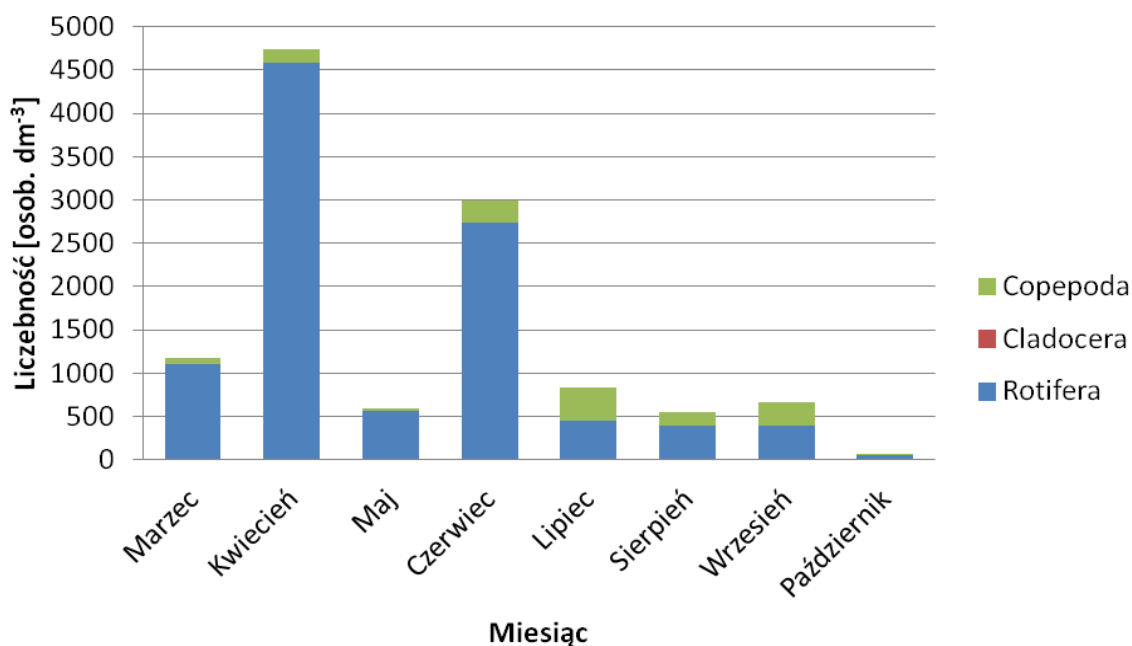
8.1. Jezioro Maleszewskie

Łącznie w całym okresie badań stwierdzono 79 taksonów zooplanktonu, głównie gatunków, z czego 49 należało do Rotifera - wrotków, 18 do Cladocera - wiosłarek i 12 do Copepoda – widłonogi (łącznie z naupliusami i kopepoditami). Rotifera stanowiły 62% taksonów oznaczonych w całym okresie badań, Cladocera 23%, natomiast Copepoda 15% (13% bez naupliusów i kopepoditów). Najwięcej taksonów w jeziorze Maleszewskim stwierdzono w lipcu (37 taksonów; 26 Rotifera, 6 Cladocera, 5 Copepoda), natomiast najmniej w marcu (14 taksonów; 10 Rotifera, 1 Cladocera, 3 Copepoda). Przez cały okres badawczy pod względem ilości taksonów dominowały wrotki. Wysoka liczba taksonów wrotków w okresie letnim wynika z małej liczby, jak i liczebności skorupiaków, których niewielki udział może wynikać z dużej liczby małych ryb karpowatych (które żywią się skorupiakami). Jest to oznaka ichtioeutrofizacji zbiornika, czyli zbyt dużego udziału ryb karpowatych w stosunku do ryb drapieżnych. Taki układ może być niekorzystny i może prowadzić do wzmacniania procesu eutrofizacji zbiornika.

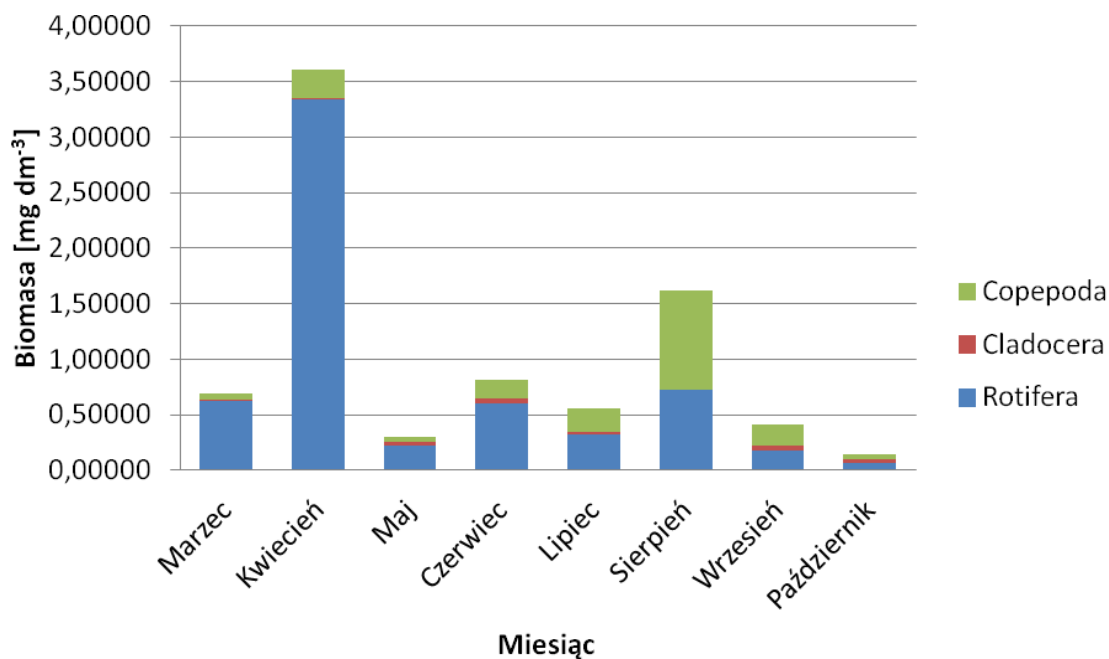


Rysunek 11. Bogactwo gatunkowe zooplanktonu w jeziorze Maleszewskim od marca do października w 2015 roku.

W wodach jeziora Maleszewskie obserwowano zróżnicowaną liczebność i biomasa zooplanktonu w trakcie okresu badawczego. W kwietniu zanotowano szczyt liczebności i biomasy. Ponadto w czerwcu odnotowano wysoką liczebność zooplanktonu, a w sierpniu wysoką biomasa zooplanktonu. Wiosenny szczyt liczebności i biomasy zooplanktonu w jeziorach jest naturalny, a wynika z bogatej bazy pokarmowej i braku małych ryb, które mogłyby go ograniczać. Najmniejsze wartości liczebności i biomasy stwierdzono w październiku. W miesiącach letnich, od lipca do września liczebność oraz biomasa zooplanktonu kształtowała się na zbliżonym poziomie. W każdym miesiącu liczebność oraz biomasa zooplanktonu determinowana była przez wrotki – Rotifera, z wyjątkiem sierpnia, kiedy biomasa była zdominowana przez widłonogi – Copepoda. Brak istotnego udziału wioślarek – Cladocera, w liczebności i biomacie zooplanktonu może świadczyć o wysokiej presji ze strony młodocianych form ryb, które wykorzystując gęsto porośniętą makrofitami toń wodną, jako kryjówki, skutecznie redukują wioślarki na praktycznie całej powierzchni jeziora. Jest to symptom niebezpiecznej dla zbiornika ichtioeutrofizacji.



Rysunek 12. Liczebność głównych grup taksonomicznych zooplanktonu w jeziorze Maleszewskim w 2015 roku wraz z udziałem głównych grup taksonomicznych.



Rysunek 13. Biomasa głównych grup taksonomicznych zooplanktonu w jeziorze Maleszewskim w 2015 roku wraz z udziałem głównych grup taksonomicznych.

W marcu wrotki stanowiły ponad 93% liczebności zooplanktonu. Zdecydowanym dominantem był wrotek pancrzykowy licznie występujący w zbiornikach zeutrofizowanych

– *Keratella quadrata*, który stanowił ponad 65% liczebności wszystkich wrotków. Wysoki udział w liczebności wrotków stanowiły także wrotki z rodzaju *Brachionus* sp. (17%), charakterystyczne dla wód o wysokim statusie troficznym. Skorupiaki planktonowe cechowały się zdecydowanie niższym zagęszczeniem i biomasa niż wrotki, co jest typowe dla wiosennego składu zooplanktonu każdego typu jezior. Ponadto odnotowano znaczący udział (10%) w liczebności wrotków, gatunku (*Polyarthra dolichoptera*) typowego dla chłodnych pór roku.

W kwietniu wody jeziora charakteryzowały się szczytem liczebności ($4734 \text{ osob dm}^{-3}$) i biomasy ($3,40010 \text{ mg dm}^{-3}$) zooplanktonu. Podobnie jak w poprzednim miesiącu gatunki *Keratella quadrata*, *Brachionus angularis*, *Brachionus calyciflorus* dominują, stanowiąc razem 83% liczebności wrotków. Wysoka liczebność zooplanktonu wiosną wynika z uruchomienia biogenów zgromadzonych w wodzie i osadach zbiornika, które zaczynają być dostępne dla bakterii i małych organizmów autotroficznych, które są podstawową bazą pokarmową zooplanktonu. Dlatego pomimo tego, że wiosenny szczyt zooplanktonu jest naturalny w śródlądowych zbiornikach klimatu umiarkowanego, to wysoka liczebność, którą obserwujemy w jeziorze Maleszewskim świadczy o wysokim statusie troficznym. Ponadto, porośnięcie dno jeziora makrofitami powstrzymuje wiosenną intensywną resuspensję biogenów z osadów dennych, a także stanowi element ekosystemu, który wiąże związki fosforu i azotu z wody uniemożliwiając rozwój jednokomórkowym organizmom autotroficznym. Przynajmniej redukcja biomasy makrofitów w jeziorze skutkowałaby intensywnym rozwojem organizmów autotroficznych wiosną, co doprowadziłoby do intensywnego rozwoju zooplanktonu.

W maju wody jeziora charakteryzowały się zdecydowanie mniejszą liczebnością i biomasa zooplanktonu niż przed miesiącem. Ten nagły spadek liczebności zooplanktonu w maju wynika z działalności narybku (którego duże ilości obserwowano wiosną) i bezkręgowców, które w tym okresie, ze względu na swoje rozmiary są w stanie żywić się wrotkami i skorupiakami planktonowymi. Podobnie jak w poprzednich miesiącach wrotki dominowały pod względem liczebności i biomasy. W maju zmieniła się struktura dominacji wśród wrotków na korzyść *Keratella cochlearis* (43%) i *Synchaeta oblonga* (20%). Skorupiaki planktonowe nadal cechowały się zdecydowanie niższym zagęszczeniem i biomasa niż wrotki. przy okazji, w próbach zooplanktonu, zaobserwowano również wysokie liczebności sinicy (cyjanobakterie) z rodzaju *Anabaena* sp. Jest to rodzaj sinicy, który potencjalnie może produkować toksyny. Toksyna wytwarzana przez sinice może wpływać negatywnie na organizmy wodne i ludzi (w przypadku połknięcia lub kąpieli).

W czerwcu wody jeziora charakteryzowały się większą liczebnością ogólną zooplanktonu niż w maju, co najprawdopodobniej związane jest z gwałtownym podwyższeniem temperatury wody. Nastąpił duży wzrost zagęszczenia drobnych wrotków jak *Polyarthra remata*, ale również gatunku *Anuraeopsis fissa* charakterystycznego dla wód o wysokiej trofii. W porównaniu z pierwszym miesiącem badań zooplanktonu zwiększył się udział procentowy zagęszczenia i biomasy skorupiaków planktonowych w stosunku do ogólnych wartości tych parametrów, co wydaje się być pozytywną perspektywą, gdyż wioślarki są bardziej wydajnymi filtratorami wód aniżeli wrotki.

W lipcu wody jeziora charakteryzowały się mniejszą liczebnością ogólną zooplanktonu niż w czerwcu. W jeziorze obserwuje się nadal drobne, charakterystyczne dla wód o wysokiej trofii wrotki, co należy zaznaczyć jest typowe dla tego typu jezior w okresie letnim. W lipcu nastąpił zdecydowany wzrost udziału liczebności i biomasy Copopoda – widłonogów. Niewielkie liczebności i biomasa zooplanktonu letniego w jeziorze wynika z tego, że makrofity, które pokrywają 100% powierzchni jeziora stanowią na tyle dużą konkurencję dla innych organizmów autotroficznych pod względem dostępności światła i biogenów, że organizmy te pojawiają się w niewielkich ilościach, tym samym baza pokarmowa dla zooplanktonu jest ograniczona.

W sierpniu wody jeziora charakteryzowały się podobną liczebnością ogólną zooplanktonu jak w lipcu. W jeziorze obserwowano niską liczebność ogólnego zooplanktonu. Jednak w porównaniu do poprzednich miesięcy, zauważono, że udział drobnych, charakterystycznych dla wód o wysokiej trofii wrotków, takich jak *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus* sp. czy *Keratella quadrata* był zdecydowanie mniejszy lub zerowy. Jednak w wodach jeziora znacznie wzrosła liczebność i biomasa skorupiaków, szczególnie niewielkich widłonogów z rzędu Cyclopoida, głównie *Mesocyclops leukartii*, którego wysoki udział w biomacie (26%) świadczy o wysokiej trofii zbiornika.

We wrześniu wody jeziora charakteryzowały się podobną liczebnością ogólną zooplanktonu jak w sierpniu jednak mniejszą biomasą. Można wnioskować, że przez cały okres letni zagęszczenie zooplanktonu w wodach jeziora było podobne. W jeziorze obserwuje się wysoką liczebność drobnych plankterów gatunku *Polyarthra vulgaris*, które osiągnęły niemal 90% liczebności wrotków. Ponadto wysoką liczebnością charakteryzowały się młodociane formy widłonogów – Nauplii Copepoda, które osiągnęły ponad 40% liczebności całego zooplanktonu. Wysoka liczebność młodocianych form widłonogów w ogólnej liczebności zooplanktonu jest symptomem eutrofii.

W październiku wody jeziora charakteryzowały się zdecydowanie mniejszą liczebnością i biomasą ogólną zooplanktonu jak we wrześniu. Zgodnie z fenologią większości gatunków zooplanktonu w tym miesiącu obserwowano niską liczebność i biomasę zooplanktonu.

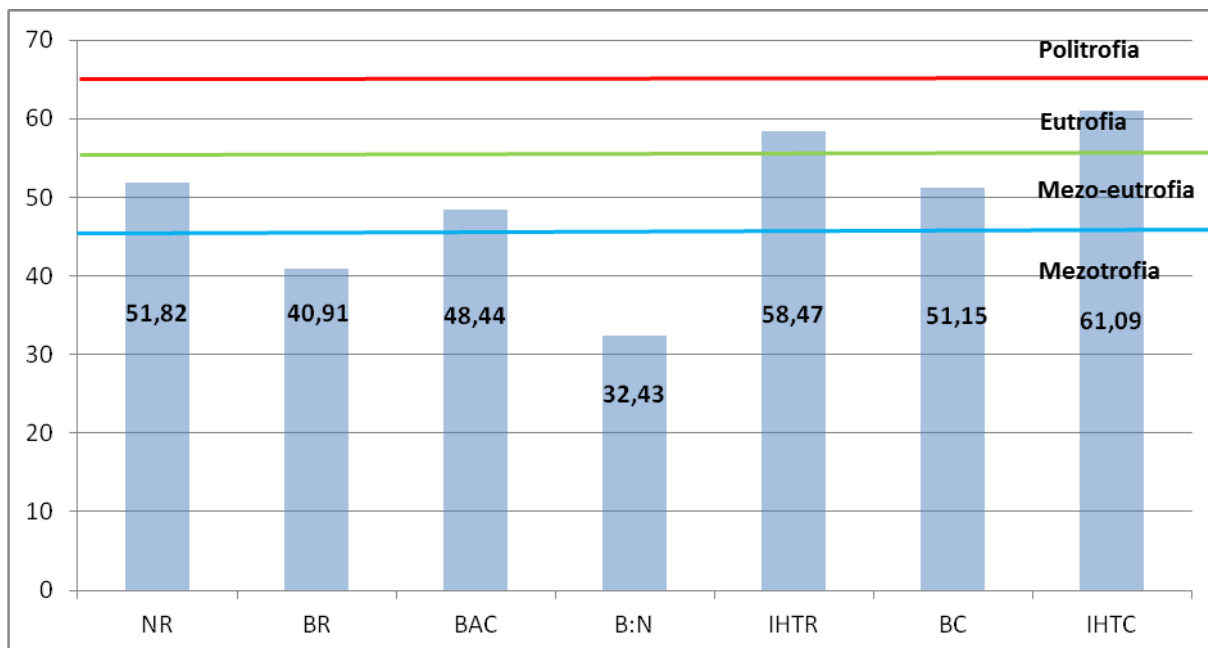
Tabela 19. Liczebność (osob. dm⁻³) taksonów zooplanktonu w jeziorze Maleszewskim w 2015 roku.

	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
<i>Anuraeopsis fissa</i>		2,5		656	88	56	10	1
<i>Ascomorpha ovalis</i>			0,1		10			
<i>Ascomorpha saltans</i>		2,5						17
<i>Asplanchna priodonta</i>			6					
<i>Bdelloidea</i>	18			40	28	1	3	1
<i>Brachionus ananularis</i>	100	360	10		1		1	
<i>Brachionus calyciflorus</i>	76	380						
<i>Cephalodella gibba</i>						1	1	
<i>Cephalodella ventripes</i>					1	2		
<i>Colurella adriatica</i>		2,5		1				
<i>Colurella colurus</i>					4	12	1	1
<i>Colurella uncinata</i>				5	3	16	3	2
<i>Conochilus unicornis</i>					0,1			
<i>Euchlanis dilatata dilatata</i>				0,1	1		2	
<i>Filinia longiseta</i>		200						
<i>Filinia terminalis</i>	40	120	4					
<i>Gastropus stylifer</i>			1				1	
<i>Keratella cochlearis v. cochlearis</i>	20	60	240	96	4	1	1	1
<i>Keratella quadrata</i>	720	3080	44	64	4			1
<i>Lecane bulla</i>					2	8	1	
<i>Lecane closterocerca</i>	1		1	2	12	44	1	1
<i>Lecane hamata</i>				1	1		1	1
<i>Lecane inermis</i>							1	
<i>Lecane ludwigi</i>					1			
<i>Lecane luna</i>					1	20		
<i>Lecane lunaris</i>						2		1
<i>Lecane quadridentata</i>					1	4		
<i>Lepadella acuminata</i>						20		
<i>Lepadella elliptica</i>							1	1
<i>Lepadella ovalis</i>				2	1		1	
<i>Lepadella quadricarinata</i>				2	10	72	1	
<i>Monommatia longiseta</i>	2	2,5	1		1	20		
<i>Mytilina mucronata</i>						5		
<i>Plationus patulus</i>					4	3	1	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	110	12,5	26					
<i>Polyarthra remata</i>				1744	128			2
<i>Polyarthra vulgaris</i>		20	58	40	124	64	348	2
<i>Squatinella rostrum</i>						1	2	
<i>Synchaeta kitina</i>					14		7	5
<i>Synchaeta oblonga</i>		260	116					
<i>Synchaeta pectinata</i>	13	40	32	80	4			
<i>Synchaeta tremula</i>								18
<i>Testudinella patina</i>						0,1	1	
<i>Trichocerca brachyura</i>		2,5				24		
<i>Trichocerca intermedia</i>			1		1	1	1	
<i>Trichocerca pusilla</i>		40	18					
<i>Trichocerca rattus</i>						4		
<i>Trichocerca similis</i>				1				
<i>Trichotria pocillum</i>						16		1
Suma Rotifera	1100	4585	558,1	2734,1	449,1	397,1	390	56
<i>Acroperus harpae</i>						0,1	0,1	0,1
<i>Alona costata</i>						1		
<i>Alonella nana</i>				1				
<i>Bosmina longirostris</i>			1	6				1
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>				0,1	3			
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>			0,1				1	0,1
<i>Chydorus ovalis</i>							3	0,1
<i>Chydorus sphaericus</i>	1	1	0,1	1	0,1	0,1	0,1	
<i>Daphnia cucullata</i>					0,1			
<i>Daphnia longispina</i>			0,1					1
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>					0,1			
<i>Eubosmina coregoni</i>			1		0,1			
<i>Pleuroxus triquetellus</i>			0,1	1	0,1	0,1	1	0,1
<i>Pleuroxus truncatus</i>			0,1			0,1	1	
<i>Polyphemus pediculus</i>			0,1	1				1
<i>Scapholeberis mucronata</i>			1					
<i>Sida crystalina</i>							0,1	
<i>Simocephalus eximiosus</i>			0,1			0,1	1	0,1
Suma Cladocera	1	1	3,7	10,1	3,5	1,5	7,3	3,5
<i>Acanthocyclops trajani</i>								0,1
<i>Cyclops vicinus</i>	0,1	1	0,1					
<i>Diacyclops bicuspidatus</i>				1				
<i>Eucyclops macruroides</i>		0,1	0,1		0,1	0,1	1	0,1
<i>Eudiaptomus graciloides</i>			0,1		0,1			
Herpacticoida						0,1	0,1	
<i>Macrocyclus albidus</i>	0,01							
<i>Macrocyclus distinctus</i>			0,1	0,1	0,1	0,1	1	0,1
<i>Mesocyclops leukartii</i>	0,1		0,1		1	20	0,1	1
<i>Thermocyclops crassus</i>					0,1			
Nauplii Copepoda	76	120	26	248	376	52	268	11
Kopepodit Cyclopoida	2	27,5	4	5	3	80	2	1
Suma Copepoda	78,21	148,6	30,5	254,1	380,4	152,3	272,2	13,3
Razem	1179,21	4734,6	592,3	2998,3	833	550,9	669,5	72,8

Tabela 20. Biomasa (mg dm⁻³) taksonów zooplanktonu w jeziorze Maleszewskim w 2015 roku.

	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
<i>Anuraeopsis fissa</i>		0,00014		0,03778	0,00507	0,00323	0,00058	0,00006
<i>Ascomorpha ovalis</i>			0,00003		0,00308			
<i>Ascomorpha saltans</i>		0,00063						0,00427
<i>Asplanchna priodonta</i>			0,07020					
<i>Bdelloidea</i>	0,00423			0,00940	0,00658	0,00024	0,00071	0,00024
<i>Brachionus anularis</i>	0,01770	0,13999	0,00389		0,00039		0,00039	
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,10277	0,75406						
<i>Cephalodella gibba</i>						0,00030	0,00030	
<i>Cephalodella ventripes</i>					0,00010	0,00020		
<i>Colurella adriatica</i>		0,00023		0,00009				
<i>Colurella colurus</i>					0,21504	0,64512	0,05376	0,05376
<i>Colurella uncinata</i>				0,00045	0,00027	0,00143	0,00027	0,00018
<i>Conochilus unicornis</i>					0,00000			
<i>Euchlanis dilatata dilatata</i>				0,00008	0,00081		0,00162	
<i>Filinia longiseta</i>		0,07088						
<i>Filinia terminalis</i>	0,01109	0,02663	0,00089					
<i>Gastropus stylifer</i>			0,00025				0,00025	
<i>Keratella cochlearis v. cochlearis</i>	0,00260	0,00780	0,03120	0,01248	0,00052	0,00013	0,00013	0,00013
<i>Keratella quadrata</i>	0,41625	2,24307	0,03204	0,04661	0,00291			0,00073
<i>Lecane bulla</i>					0,00059	0,00234	0,00029	
<i>Lecane closteroerca</i>	0,00009		0,00009	0,00017	0,00103	0,00377	0,00009	0,00009
<i>Lecane hamata</i>				0,00012	0,00012		0,00012	0,00012
<i>Lecane inermis</i>							0,00006	
<i>Lecane ludwigi</i>					0,00024			
<i>Lecane luna</i>					0,00029	0,00580		
<i>Lecane lunaris</i>						0,00044		0,00022
<i>Lecane quadridentata</i>					0,00066	0,00263		
<i>Lepadella acuminata</i>						0,00258		
<i>Lepadella elliptica</i>							0,00009	0,00009
<i>Lepadella ovalis</i>				0,00010	0,00005		0,00005	
<i>Lepadella quadricarinata</i>				0,00019	0,00096	0,00693	0,00010	
<i>Monommatia longiseta</i>	0,00028	0,00144	0,00058		0,00058	0,01155		
<i>Mytilina mucronata</i>						0,00420		
<i>Platonus patulus</i>					0,00082	0,00061	0,00020	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0,06090	0,00692	0,01439					
<i>Polyarthra remata</i>				0,40461	0,02970			0,00046
<i>Polyarthra vulgaris</i>		0,00699	0,02028	0,01398	0,04335	0,02238	0,12166	0,00070
<i>Squatinella rostrum</i>						0,00017	0,00033	
<i>Synchaeta kitina</i>					0,00199		0,00099	
<i>Synchaeta oblonga</i>		0,04223	0,01884					
<i>Synchaeta pectinata</i>	0,01217	0,03744	0,02995	0,07488	0,00374			
<i>Synchaeta tremula</i>								0,00006
<i>Testudinella patina</i>						0,00001	0,00009	
<i>Trichocerca brachyura</i>		0,00023				0,00219		
<i>Trichocerca intermedia</i>			0,00006		0,00006	0,00006	0,00006	
<i>Trichocerca pusilla</i>		0,00322	0,00145					
<i>Trichocerca rattus</i>						0,00123		
<i>Trichocerca similis</i>				0,00020				
<i>Trichotria pocillum</i>						0,00376		0,00024
Suma Rotifera	0,62808	3,34191	0,22414	0,60115	0,31894	0,72128	0,18213	0,06134
<i>Acroperus harpae</i>						0,00115	0,00115	0,00115
<i>Alona costata</i>						0,00175		
<i>Alonella nana</i>				0,00175				
<i>Bosmina longirostris</i>			0,00285	0,01708				0,00285
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>				0,00050	0,01514			
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>			0,00050				0,00505	0,00050
<i>Chydorus ovalis</i>							0,01307	0,00044
<i>Chydorus sphaericus</i>	0,00722	0,00722	0,00072	0,00722	0,00072	0,00072	0,00072	
<i>Daphnia cucullata</i>					0,00390			
<i>Daphnia longispina</i>			0,00264					0,02642
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>					0,00428			
<i>Eubosmina coregoni</i>			0,00358		0,00036			
<i>Pleuroxus triqonellus</i>			0,00053	0,00528	0,00053	0,00053	0,00528	0,00053
<i>Pleuroxus truncatus</i>			0,00053			0,00053	0,00528	
<i>Polyphemus pediculus</i>			0,00102	0,01024				0,01024
<i>Scapholeberis mucronata</i>			0,01629					
<i>Sida crystalina</i>							0,00428	
<i>Simocephalus eximiosus</i>			0,00083			0,00083	0,00830	0,00083
Suma Cladocera	0,00722	0,00722	0,02949	0,04207	0,02493	0,00551	0,04313	0,04296
<i>Acanthocyclops trajani</i>								0,00277
<i>Cyclops vicinus</i>	0,00716	0,04862	0,00486					
<i>Diaicyclops bicuspidatus</i>				0,02766				
<i>Eucyclops macruraoides</i>		0,00236	0,00236		0,00236	0,00236	0,02362	0,00236
<i>Eudiaptomus graciloides</i>			0,00360		0,00360			
<i>Herpacticoida</i>								
<i>Macrocyclus albidus</i>	0,00061							
<i>Macrocyclus distinctus</i>			0,00370	0,00370	0,00370	0,00370	0,03700	0,00370
<i>Mesocyclops leukartii</i>	0,00250		0,00211		0,02114	0,42280	0,00211	0,02114
<i>Thermocyclops crassus</i>					0,00200			
nauplii Cyclopoida	0,03300	0,05210	0,01129	0,10767	0,16324	0,02258	0,11635	0,00478
Kopepodit Cyclopoida	0,01091	0,15000	0,02182	0,02727	0,01636	0,43636	0,01091	0,00545
Suma Copepoda	0,05417	0,25308	0,04974	0,16630	0,21241	0,88779	0,19000	0,04020
Razem	0,68947	3,60221	0,30337	0,80952	0,55628	1,61459	0,41526	0,14450

Ocena trofii jeziora Maleszewskiego dokonano bazując na siedmiu zooplanktonowych wskaźnikach trofii wód (Ejsmont-Karabin 2012, Ejsmont-Karabin & Karabin 2013). Wskaźniki te służą do oceny stanu trofii w okresie letnim, dlatego do omawianych analiz posłużono się danymi z lipca i sierpnia. Dwa wskaźniki zaklasyfikowały wody jeziora do wód eutroficznych, trzy wskaźniki wskazały na status mezo-eutrofii i dwa mezotrofii. Dwa spośród użytych wskaźników, które zaklasyfikowały wody jeziora Maleszewskiego do wód eutroficznych dotyczą udziału gatunków charakterystycznych dla wysokiej trofii w grupie gatunków wskaźnikowych. Taksonami wskaźnikowymi wysokiej trofii są: *Keratella chchlearis f tecta*, *Keratella quadrata*, *Pompholyx sulcata*, *Filinia longiseta*, *Anuraeopsis fissa*, *Trichocerca pusilla*, *Brachionus* sp., *Proales micropus*, *Bdelloidea*, *Mesocyclops leucarti*, *Thermocyclops oithonoides*, *Diaphanosoma Brachyurum*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina coregoni thersites*, *Bosmina longirostris*, natomiast gatunkami charakterystycznymi dla niskiej trofii są: *Ascomorpha ovalis*, *Conochilus hippocrepis*, *Ascomorpha ecaudis*, *Gastropus stylifer*, *Polyarthra major*, *Heterocope appendiculata*, *Eubosmina berolinensis*, *Bythotrephes longimanus*, *Daphnia hyalina longispina v galeata*, *Daphnia cristata*, *Daphnia cucullata*. Przyjęło się brać wskaźnik o najwyższych wartościach za ten, który opisuje status troficzny badanego zbiornika. Według powyższego na podstawie wskaźników zooplanktonowych wody jeziora Maleszewskiego wykazują status eutrofii.

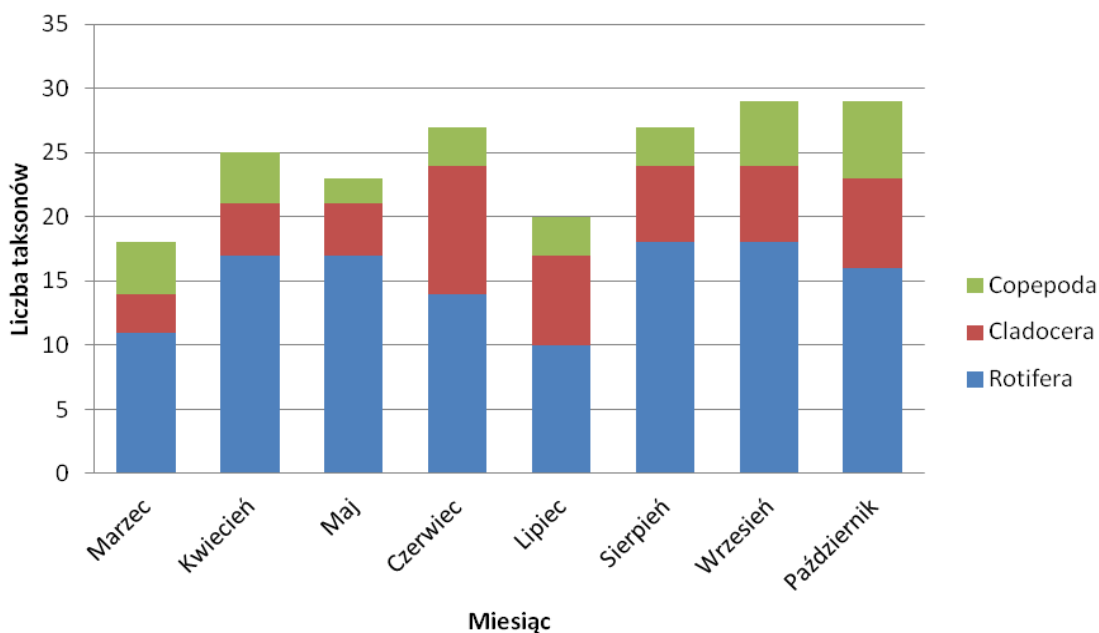


Rysunek 14. Wartość indeksów zooplanktonowych trofii dla jeziora Maleszewskie.

NR - Liczebność Rotifera, BR - Całkowita biomasa Rotifera, BAC - Udział bakteriofagów w całkowitej liczebności Rotifera, B:N - Stosunek biomasy do liczebności Rotifera, IHTR - Udział gatunków wskaźnikowych wysokiej trofii w grupie gatunków indykatorych Rotifera, BC - Biomasa Cyclopoida, IHTC - Udział gatunków wskaźnikowych wysokiej trofii w grupie gatunków indykatorych Crustacea. Wartości indeksów: mezotrofia <45, mezo-eutrofia 45-55, eutrofia 55-65, politrofia >65.

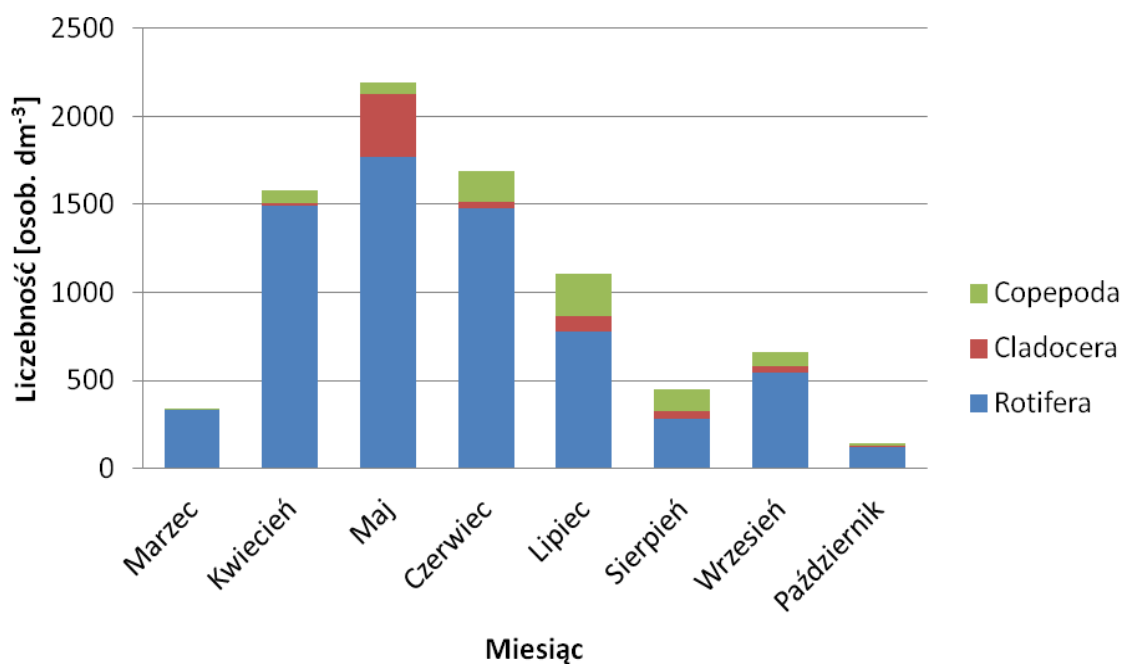
8.2. Jezioro Rakowo Duże

Łącznie w całym okresie badań stwierdzono 72 taksony zooplanktonu, głównie gatunków, z czego 41 należało do Rotifera - wrotków, 17 do Cladocera - wioślarek i 14 do Copepoda – widłonogi (łącznie z naupliusami i kopepoditami). Rotifera stanowiły 59% taksonów oznaczonych w całym okresie badań, Cladocera 23%, natomiast Copepoda 18% (13% bez naupliusów i kopepoditów). Najwięcej taksonów w jeziorze Rakowo Duże stwierdzono we wrześniu i październiku (po 29 taksonów), natomiast najmniej w marcu (18 taksonów). Przez wiosenną część okresu badawczego pod względem ilości taksonów dominowały wrotki, a w okresie letnim i wczesno-jesiennym tendencja ta utrzymała się, lecz była mniej znacząca. Duży udział taksonów skorupiaków (wioślarki – Cladocera i widłonogów – Copepoda) świadczy o wysokim potencjale jeziora Rakowe Duże do rozwoju organizmów filtracyjnych, którymi są wioślarki.

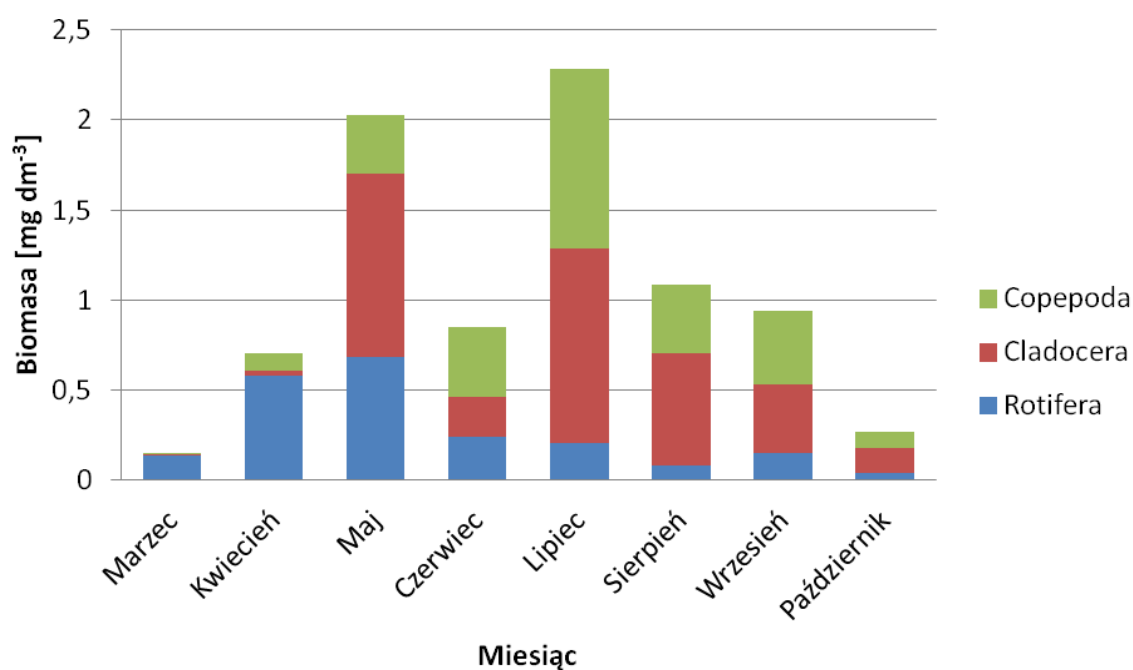


Rysunek 15. Bogactwo gatunkowe zooplanktonu w jeziorze Rakowo Duże w 2015 roku.

W wodach jeziora Rakowo Duże obserwowano zróżnicowaną liczebność i biomasę zooplanktonu w ciągu okresu badawczego. W maju zanotowano szczyt liczebności i wysoką wartość biomasy. Szczyt biomasy zooplanktonu odnotowano w lipcu. Wiosenny szczyt liczebności zooplanktonu w jeziorach jest naturalny, a wynika z bogatej bazy pokarmowej i braku małych ryb, które mogłyby go ograniczać. Najmniejsze wartości liczebności i biomasy stwierdzono w październiku. W każdym miesiącu liczebność zooplanktonu determinowana była przez wrotki – Rotifera. Pod względem udziału w biomacie tylko wczesną wiosną dominowały wrotki, natomiast w pozostałych miesiącach zdecydowanie dominowały skorupiaki. Wysoki udział widłonogów wśród skorupiaków świadczy o wysokim stopniu trofii badanego zbiornika. Brak dominującego udziału w biomacie wioślarek – Cladocera, może świadczyć o wysokiej presji ryb, co jest symptomem ichtioeutrofizacji, podobnie jak w jeziorze Maleszewskim.



Rysunek 16. Liczebność głównych grup taksonomicznych zooplanktonu w jeziorze Rokowo Duże w 2015 roku wraz z udziałem głównych grup taksonomicznych.



Rysunek 17. Biomasa głównych grup taksonomicznych zooplanktonu w jeziorze Rakowo Duże w 2015 roku wraz z udziałem głównych grup taksonomicznych.

W marcu wrotki stanowiły ponad 99% liczebności zooplanktonu. Zdecydowanym dominantem był wrotek *Polyarthra dolichoptera* (typowy dla chłodnych pór roku), który stanowił ponad 56% liczebności wszystkich wrotków. Wysoki udział w liczebności wrotków (29%) stanowił także *Keratella cochlearis*. Skorupiaki planktonowe cechowały się śladowym zagęszczeniem i biomasą, co jest typowe dla wiosennego składu zooplanktonu każdego typu jezior.

W kwietniu wody jeziora charakteryzowały się wzrostem liczebności i biomasy zooplanktonu, głównie wrotków. Wśród wrotków pod względem liczebności dominantem był *Keratella cochlearis* (67%). Pomimo tego, że wiosenny szczyt zooplanktonu jest naturalny w śródlądowych zbiornikach klimatu umiarkowanego, to wysoka liczebność wrotków może świadczyć o wysokim statusie troficznym.

W maju wody jeziora charakteryzowały się szczytem liczebności (1579 osob. dm^{-3}) i wysoką wartością biomasy zooplanktonu (2,02873 mg dm^{-3}). Podobnie jak w poprzednich miesiącach wrotki dominowały pod względem liczebności jednak sytuacja zmieniła się w przypadku biomasy gdzie skorupiaki stanowiły 66% biomasy zooplanktonu. Wśród skorupiaków 76% stanowiły wioślarki – organizmy filtrujące wodę.

W czerwcu wody jeziora charakteryzowały się mniejszą liczebnością a w szczególności mniejszą biomasą ogólną zooplanktonu niż w maju, co najprawdopodobniej związane jest z wyjadaniem wioślarek przez wylęg ryb. W zgrupowaniu wrotków pojawiła się forma morfologiczna gatunku charakterystyczna dla wód zeutrofizowanych – *Keratella c. tecta*, która stanowiła ponad 4% liczebności w tej grupie. Ponadto, zaobserwowano wysoką liczebność sinicy (cyjanobakterie) z rodzaju *Microcystis* sp.

W lipcu wody jeziora charakteryzowały się mniejszą liczebnością ogólną zooplanktonu niż w czerwcu. Odnotowano natomiast znaczący wzrost biomasy skorupiaków planktonowych, głównie wioślarek w tym *Daphnia cuculata* – jednego z najbardziej wydajnych organizmów filtracyjnych, którego wysoki udział może świadczyć o dobrym statusie ekologicznym. W jeziorze jednocześnie obserwuje się drobne, charakterystyczne dla wód o wysokiej trofii wrotki i wioślarki: *Anuraeopsis fissa*, *Keratella c. tecta*, *Bosmina longirostris*. Ponadto, w próbach zooplanktonu zaobserwowano wysoką liczebność sinicy z rodzaju *Microcystis* sp. oraz bruzdnicy z rodzaju *Peridinium* sp. Są to organizmy zaliczane do fitoplanktonu, które mogą produkować toksyny niebezpieczne dla życia organizmów wodnych i zdrowia ludzi. Dominacja sinic świadczy o politrofii do eutrofii natomiast dominacja bruzdnicy o mezoeutrofii do eutrofii. Obecność dwóch wspomnianych grup

organizmów może wskazywać na krytyczny moment w życiu jeziora wchodzącego w wyższy status troficzny.

W sierpniu obserwowano niską liczebność ogólnego zooplanktonu. W wodach jeziora znacznie wzrosła liczebność i biomasa skorupiaków, szczególnie niewielkich widłonogów z rzędu Cyclopoida, głównie *Thermocyclops oithonoides* i *Mesocyclops leukartii*, których wysoki udział w biomacie świadczy o wysokiej trofii zbiornika. Podobnie jak w lipcu zaobserwowano wysoką liczebność sinicy z rodzaju *Microcystis* sp. oraz bruzdnicy z rodzaju *Peridinium* sp.

We wrześniu wody jeziora charakteryzowały się podobną liczebnością ogólną zooplanktonu jak w sierpniu. Zaobserwowano wysokie liczebności sinicy (cyjanobakterie) z rodzaju *Microcystis* sp.

W październiku wody jeziora charakteryzowały się zdecydowanie mniejszą liczebnością i biomasą ogólną zooplanktonu niż we wrześniu, co jest typowe dla większości gatunków zooplanktonu w tym miesiącu.

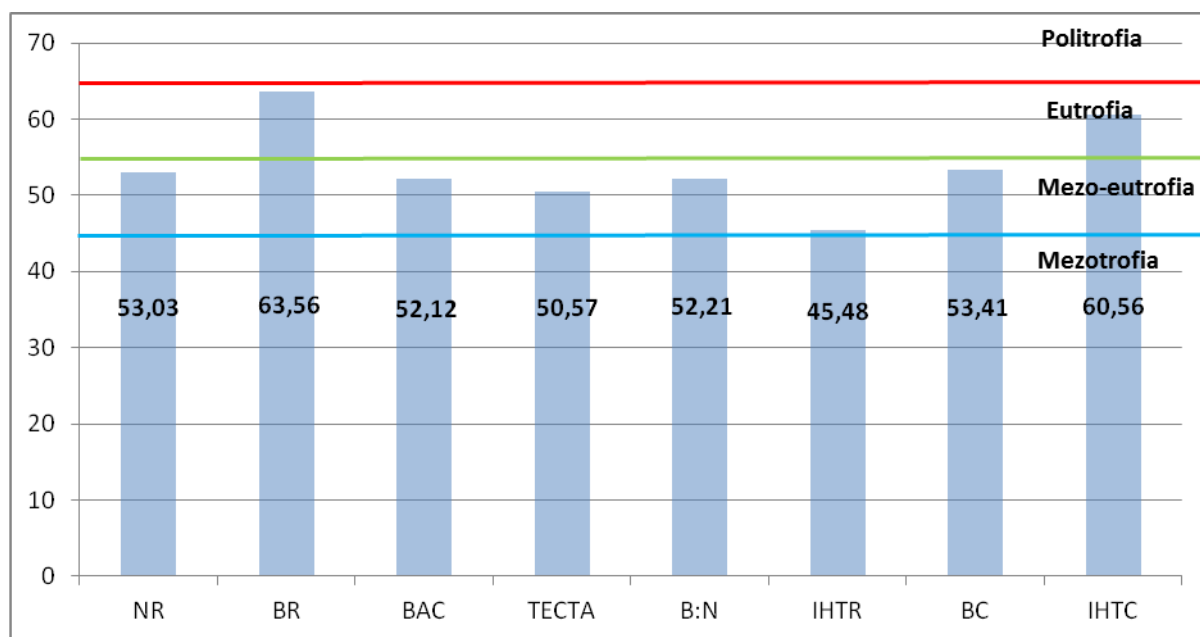
Tabela 21. Liczebność (osob. dm⁻³) taksonów zooplanktonu w jeziorze Rakowo Duże w 2015 roku.

	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
<i>Anuraeopsis fissa</i>					8	3		
<i>Ascomorpha ecaudis</i>	20							
<i>Ascomorpha saltans</i>		10	1					
<i>Asplanchna priodonta</i>	0,1	10	22	2	5	0,1	4	
<i>Bdelloidea</i>		0,1		1			1	2
<i>Brachionus anqularis</i>	4	70	1	12				
<i>Brachionus calyciflorus</i>		60						
<i>Brachionus diversicornis</i>						5	7	
<i>Cephalodella ventripes</i>		2,5						
<i>Conochilus unicornis</i>		12,5	2			2	3	1
<i>Euchlanis dilatata dilatata</i>							1	1
<i>Filinia longisetata</i>	1	40	7			20	2	
<i>Filinia terminalis</i>	3	20	2					
<i>Gastropus stylifer</i>							3	
<i>Kellicottia longispina</i>			2					2
<i>Keratella cochlearis v. cochlearis</i>	96	1000	848	1240	216	39	312	46
<i>K. cochlearis v. hispida</i>			224	1	16	32	72	10
<i>K. cochlearis v. tecta</i>			1	64	2	8	2	
<i>Keratella quadrata</i>	12	90	96			1	3	1
<i>Keratella testudo</i>		2,5						
<i>Lecane bulla</i>		2,5						
<i>Lecane closteroerca</i>	1							
<i>Lecane luna</i>				2				
<i>Lecane lunaris</i>						1		
<i>Lepadella ovalis</i>		2,5				1		
<i>Mytilina mucronata</i>								1
<i>Polarthra dolichoptera</i>	187	50						
<i>Polarthra major</i>					176		6	14
<i>Polarthra remata</i>			17	72	5	64	76	14
<i>Polarthra vulgaris</i>		120	536	8	304	20	3	26
<i>Popmholyx sulcata</i>			7	18	12			
<i>Synchaeta oblonga</i>	6							
<i>Synchaeta pectinata</i>	1	1	3	2				1
<i>Testudinella patina</i>								1
<i>Trichocerca capucina</i>			1	24		12		
<i>Trichocerca intermedia</i>							1	1
<i>Trichocerca pusilla</i>				12		8	8	1
<i>Trichocerca rattus</i>						48		
<i>Trichocerca rousseleti</i>							1	
<i>Trichocerca similis</i>			1	20	36	16	42	1
<i>Trichotria pacillum</i>						1		
Suma Rotifera	331,1	1493,6	1771	1478	780	281,1	547	123
<i>Acroperus harpae</i>	0,1			0,1		1		
<i>Alona quadrangularis</i>								1
<i>Alonella nana</i>		2,5	1	14				
<i>Bosmina longirostris</i>	0,1	7,5	352	20	48	10	20	
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>						24	14	1
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>		0,1	0,1	1	24			
<i>Chydorus ovalis</i>						4	1	1
<i>Chydorus sphaericus</i>	0,1	0,1	2	1	0,1			
<i>Daphnia cucullata</i>				1	13	2	1	
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>				0,1	1	4	0,1	
<i>Eurycerus lamellatus</i>								1
<i>Leptodora kindtii</i>				0,1	0,1		0,1	
<i>Pleuroxus triqonellus</i>				0,1				
<i>Pleuroxus truncatus</i>								1
<i>Polyphemus pediculus</i>					0,1			
<i>Scapholeberis mucronata</i>				0,1				1
<i>Sida crystalina</i>								0,1
Suma Cladocera	0,3	10,2	355,1	37,5	86,3	45	36,2	6,1
<i>Cyclops vicinus</i>		0,1						
<i>Diacyclops bicuspidatus</i>	0,01							
<i>Ectocyclops phaleratus</i>	0,01							
<i>Eucyclops macruroides</i>							0,1	1
<i>Eucyclops macrurus</i>								1
<i>Eudiaptomus graciloides</i>		0,1	0,1	1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Herpacticoida</i>	0,1						0,1	
<i>Macrocyclus albidus</i>								0,1
<i>Mesocyclops leukartii</i>	0,1	0,1	5	5	24	1	6	1
<i>Thermocyclops oithonoides</i>		2,5		4	3	12	3	0,1
naupli Cyclopoida	1	70	24	144	144	88	28	6
naupli Calanoida		0,1						
Kopepodit Cyclopoida		2,5	38	22	68	20	36	3
Kopepodit Calanoida		0,1				1	3	
Suma Copepoda	1,22	75,5	67,1	176	239,1	122,1	76,3	12,3
Razem	332,62	1579,3	2193,2	1691,5	1105,4	448,2	659,5	141,4

Tabela 22. Biomasa (mg dm⁻³) taksonów zooplanktonu w jeziorze Rakowo Duże w 2015 roku.

	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
<i>Anuraeopsis fissa</i>					0,00045	0,00017		
<i>Ascomorpha ecaudis</i>	0,00712							
<i>Ascomorpha saltans</i>		0,00251	0,00025					
<i>Asplanchna priodonta</i>	0,00075	0,11700	0,25740	0,02340	0,05850	0,00117	0,04680	
Bdelloidea				0,00006			0,00006	0,00012
<i>Brachionus ananularis</i>	0,00156	0,02141	0,00031	0,00367				
<i>Brachionus calyciflorus</i>		0,13393						
<i>Brachionus diversicornis</i>						0,01008	0,01411	
<i>Cephalodella ventripes</i>		0,00019						
<i>Conochilus unicornis</i>		0,01225	0,00196			0,00196	0,00294	0,00098
<i>Euchlanis dilatata dilatata</i>							0,00108	0,00108
<i>Filinia longiseta</i>	0,00023	0,01280	0,00224			0,00640	0,00064	
<i>Filinia terminalis</i>	0,00102	0,00444	0,00044					
<i>Gastropus stylifer</i>							0,00098	
<i>Kellicottia longispina</i>			0,00036					0,00036
<i>Keratella cochlearis v. cochlearis</i>	0,01248	0,13000	0,11024	0,16120	0,02808	0,00507	0,04056	0,00598
<i>K. cochlearis v. hispida</i>			0,03338	0,00015	0,00238	0,00477	0,01073	0,00149
<i>K. cochlearis v. tecta</i>			0,00013	0,00832	0,00026	0,00104	0,00026	
<i>Keratella quadrata</i>	0,00975	0,07310	0,07797			0,00081	0,00244	0,00081
<i>Keratella testudo</i>		0,00132						
<i>Lecane bulla</i>		0,00073						
<i>Lecane closterocerca</i>	0,00009							
<i>Lecane luna</i>				0,00058				
<i>Lecane lunaris</i>						0,00022		
<i>Lepadella ovalis</i>		0,00012				0,00005		
<i>Mytilina mucronata</i>								0,00084
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0,10353	0,02768						
<i>Polyarthra major</i>					0,05995		0,00535	0,01247
<i>Polyarthra remata</i>			0,00394	0,01670	0,00116	0,01485	0,01763	0,00325
<i>Polyarthra vulgaris</i>		0,04195	0,18739	0,00280	0,10628	0,00699	0,00105	0,00909
<i>Pompholyx sulcata</i>			0,00154	0,00396	0,00264			
<i>Synchaeta oblonga</i>	0,00097							
<i>Synchaeta pectinata</i>	0,00257	0,00094	0,00281	0,00187				0,00094
<i>Testudinella patina</i>								0,00009
<i>Trichocerca capucina</i>			0,00053	0,01261		0,00630		
<i>Trichocerca intermedia</i>							0,00006	0,00006
<i>Trichocerca pusilla</i>				0,00137		0,00092	0,00092	0,00011
<i>Trichocerca rattus</i>						0,02100		
<i>Trichocerca rousseleti</i>							0,00012	
<i>Trichocerca similis</i>			0,00020	0,00405	0,00729	0,00324	0,00851	0,00020
<i>Trichotria pocillum</i>						0,00024		
Suma Rotifera	0,14006	0,58037	0,68109	0,24074	0,26700	0,08527	0,15422	0,03787
<i>Acroperus harpae</i>	0,00080			0,00115		0,01155		
<i>Alona quadranularis</i>								0,00357
<i>Alonella nana</i>		0,00499	0,00200	0,02797				
<i>Bosmina longirostris</i>	0,00022	0,02135	1,00214	0,05694	0,13665	0,02847	0,05694	
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>						0,37172	0,21684	0,01549
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>		0,00207	0,00207	0,02073	0,49749			
<i>Chydorus ovalis</i>						0,01743	0,00436	0,00436
<i>Chydorus sphaericus</i>	0,00072	0,00072	0,01444	0,00722	0,00072			
<i>Daphnia cucullata</i>				0,02642	0,34349	0,05284	0,02642	
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>				0,00343	0,03432	0,13729	0,00343	
<i>Eurycerus lamellatus</i>								0,05205
<i>Leptodora kindtii</i>				0,07000	0,07000		0,07000	
<i>Pleuroxus triqonellus</i>				0,00053				
<i>Pleuroxus truncatus</i>								0,00803
<i>Polyphemus pediculus</i>					0,00080			
<i>Scapholeberis mucronata</i>				0,00521				0,05205
<i>Sida crystalina</i>								0,00343
Suma Cladocera	0,00175	0,02914	1,02065	0,21960	1,08348	0,61930	0,37799	0,13899
<i>Cyclops vicinus</i>		0,00390						
<i>Diacyclops bicuspidatus</i>	0,00048							
<i>Ectocyclops phaleratus</i>	0,00020							
<i>Eucyclops macrurides</i>							0,00200	0,01998
<i>Eucyclops macrurus</i>								0,01998
<i>Eudiaptomus graciloides</i>		0,00360	0,00360	0,03600	0,00360	0,00360	0,00360	0,00360
Herpacticoida								
<i>Macrocyclus albidus</i>								0,00370
<i>Mesocyclops leukartii</i>	0,00211	0,00211	0,10570	0,10570	0,50735	0,02114	0,12684	0,02114
<i>Thermocyclops oithonoides</i>		0,04179		0,06686	0,05015	0,20059	0,05015	0,00167
naupli Cyclopoida	0,00043	0,03039	0,01042	0,06252	0,06252	0,03821	0,01216	0,00260
naupli Calanoida		0,00004						
Kopepodit Cyclopoida		0,01364	0,20727	0,12000	0,37091	0,10909	0,19636	0,01636
Kopepodit Calanoida		0,00055				0,00545	0,01636	
Suma Copepoda	0,00323	0,09602	0,32699	0,39108	0,99453	0,37808	0,40747	0,08903
Razem	0,14504	0,70553	2,02873	0,85142	2,34501	1,08265	0,93968	0,26589

Oceny trofii jeziora Rakowo Duże dokonano bazując na ośmiu wskaźnikach trofii wód (Ejsmont-Karabin 2012, Ejsmont-Karabin & Karabin 2013). Posłużono się danymi z lipca i sierpnia. Dwa wskaźniki zaklasyfikowały wody jeziora do wód eutroficznych a sześć wskaźników wskazały na status mezo-eutrofii. Dwa spośród użytych wskaźników, które zaklasyfikowały wody jeziora Rakowo Duże do wód eutroficznych dotyczą wartości biomasy zooplanktonu oraz udziału gatunków skorupiaków charakterystycznych dla wysokiej trofii w grupie gatunków wskaźnikowych. Taksonami wskaźnikowymi wysokiej trofii wśród skorupiaków są: *Mesocyclops leucarti*, *Thermocyclops oithonoides*, *Diaphanosoma Brachyurum*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina coregoni thersites*, *Bosmina longirostris*, natomiast gatunkami charakterystycznymi dla niskiej trofii są *Heterocope appendiculata*, *Eubosmina berolinensis*, *Bythotrephes longimanus*, *Daphnia hyalina longispina v galeata*, *Daphnia cristata*, *Daphnia cucullata*. Na podstawie wskaźników zooplanktonowych wody jeziora Rakowo Duże wykazują status eutrofii.

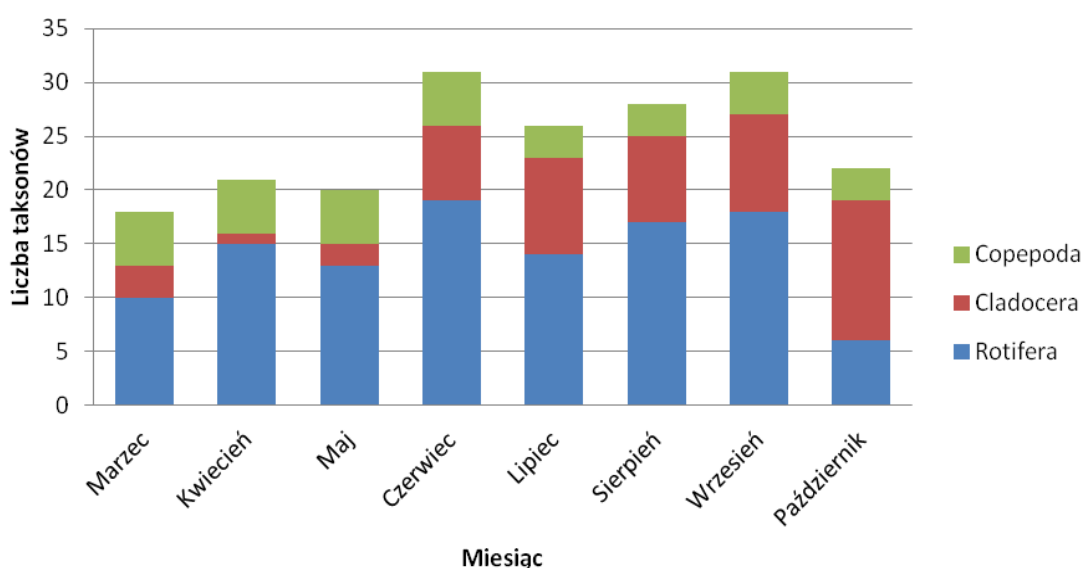


Rysunek 18. Wartość indeksów zooplanktonowych trofii dla jeziora Rakowe Duże.

NR - Liczebność Rotifera, BR - Całkowita biomasa Rotifera, BAC - Udział bakteriofagów w całkowitej liczebności Rotifera, TECTA - Udział formy *tecta* w populacji *Keratella cochlearis*, B:N - Stosunek biomasy do liczebności Rotifera, IHTR - Udział gatunków wskaźnikowych wysokiej trofii w grupie gatunków indykatorowych Rotifera, BC - Biomasa Cyclopoida, IHTC - Udział gatunków wskaźnikowych wysokiej trofii w grupie gatunków indykatorowych Crustacea. Wartości indeksów: mezotrofia <45, mezo-eutrofia 45-55, eutrofia 55-65, politrofia >65.

8.3. Jezioro Rakowo Małe

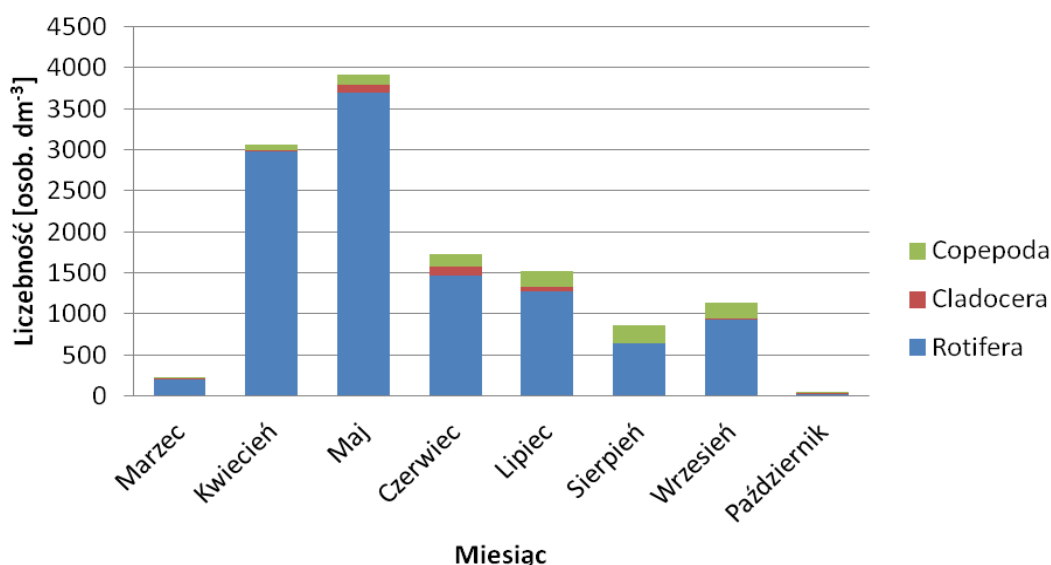
Łącznie w całym okresie badań stwierdzono 68 taksonów zooplanktonu, głównie gatunków, z czego 35 należało do Rotifera - wrotków, 20 do Cladocera - wioślarek i 13 do Copepoda – widłonogi (łącznie z naupliusami i kopepoditami). Rotifera stanowiły 51% taksonów oznaczonych w całym okresie badań, Cladocera 29%, natomiast Copepoda 20% (15% bez naupliusów i kopepoditów). Najwięcej taksonów w jeziorze Rakowo Małe stwierdzono w czerwcu i we wrześniu (po 31 taksonów), natomiast najmniej w marcu (18 taksonów). Przez większą część okresu badawczego pod względem ilości taksonów dominowały wrotki, jedynie w okresie wczesno-jesiennym stwierdzono większy udział skorupiaków, w szczególności wioślarek. Znaczący udział wioślarek w strukturze taksonomicznej zooplanktonu wynika z wysokiej różnorodności makrofitów w tym zbiorniku, stwarzając mikrosiedliska preferowane przez poszczególne gatunki wioślarek. Duży udział taksonów skorupiaków (wioślarki – Cladocera i widłonogów – Copepoda) świadczy o wysokim potencjale jeziora Rakowe Małe do rozwoju organizmów filtracyjnych, którymi są wioślarki.



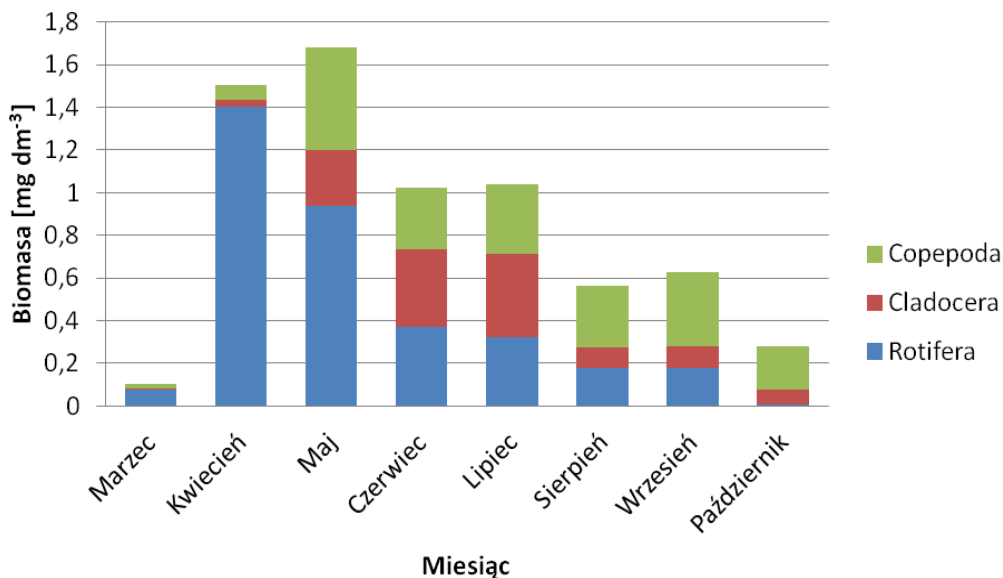
Rysunek 19. Bogactwo gatunkowe zooplanktonu w jeziorze Rakowo Małe w 2015 roku.

W wodach jeziora Rakowo Małe obserwowano zróżnicowaną liczebność i biomasa zooplanktonu w ciągu okresu badawczego. W maju zanotowano szczyt liczebności i biomasy zooplanktonu. Wiosenny szczyt liczebności i biomasy zooplanktonu w jeziorach jest naturalny, a wynika z bogatej bazy pokarmowej i braku małych ryb, które mogłyby go

ograniczać. Najmniejsze wartości liczebności stwierdzono w październiku a biomasy w marcu. W każdym miesiącu liczebność zooplanktonu determinowana była przez wrotki – Rotifera. Pod względem udziału w biomacie podobnie jak w Jeziorze Rakowo Duże tylko wczesną wiosną dominowały wrotki, natomiast w pozostałych miesiącach zdecydowanie dominowały skorupiaki. Brak dominującego udziału w biomacie wioślarek – Cladocera, może, podobnie jak w pozostałych jeziorach, świadczyć o ichtioeutrofizacji.



Rysunek 20. Liczebność głównych grup taksonomicznych zooplanktonu w jeziorze Rokowo Małe w 2015 roku wraz z udziałem głównych grup taksonomicznych.



Rysunek 21. Biomasa głównych grup taksonomicznych zooplanktonu w jeziorze Rakowo Małe w 2015 roku wraz z udziałem głównych grup taksonomicznych.

W marcu wrotki stanowiły ponad 93% liczebności zooplanktonu. Dominantem był wrotek *Polyarthra dolichoptera* (typowy dla chłodnych pór roku), który stanowił ponad 36% liczebności wszystkich wrotków. Wysoki udział w liczebności wrotków stanowiły także *Keratella cochlearis* (24%) i *Syncheata oblonga* (23%). Skorupiaki planktonowe cechowały się śladowym zagęszczeniem i biomasą, co jest typowe dla wiosennego składu zooplanktonu każdego typu jezior.

W kwietniu wody jeziora charakteryzowały się zdecydowanym wzrostem liczebności i biomasy zooplanktonu, głównie wrotków. Wśród wrotków pod względem liczebności dominantem był *Keratella cochlearis* (32%).

W maju wody jeziora charakteryzowały się szczytem liczebności (3914 osob. dm⁻³) i wysoką wartością biomasy zooplanktonu (1,68736 mg dm⁻³). Wysoka liczebność zooplanktonu w maju w jeziorze Rakowo Małe może świadczyć o jego wysokim statusie troficznym.

W czerwcu wody jeziora charakteryzowały się mniejszą liczebnością oraz mniejszą biomasą ogólną zooplanktonu niż w maju. W zgrupowaniu zooplanktonu w dużej liczebności pojawiły się gatunki charakterystyczne dla wód zeutrofizowanych – *Anuraeopsis fissa*, *Keratella c. tecta*, *Trichocerca pusilla*, *Bosmina longirostris*. Ponadto, w próbach zooplanktonu zaobserwowano obecność sinicy (cyjanobakterie) z rodzaju *Microcystis* sp.

W lipcu wody jeziora pod względem struktur zooplanktonu były zbliżone do tych z czerwca. Zaobserwowano obecność bruzdnicy z rodzaju *Peridinium* sp.

W sierpniu obserwowano niższą liczebność i biomasę ogólnego zooplanktonu. W wodach jeziora znacznie spadła liczebność i biomasę wioślarek, co wynikało z wysokiej presji ryb i co może skutkować przyspieszeniem procesu wypływania zbiornika przez przyspieszoną eutrofizację. Ponadto zaobserwowano wysoką liczebność sinicy z rodzaju *Microcystis* sp. oraz bruzdnicy z rodzaju *Peridinium* sp. Jak w przypadku jeziora Rakowo Duże, dominacja sinic świadczy o politrofii do eutrofii natomiast dominacja bruzdnic o mezoeutrofii do eutrofii. Obecność dwóch wspomnianych grup organizmów może świadczyć o krytycznym momencie w życiu jeziora, który wchodzi w wyższy status troficzny.

We wrześniu wody jeziora charakteryzowały się podobną liczebnością ogólną zooplanktonu jak w sierpniu. Zaobserwowano obecność sinicy (cyjanobakterie) z rodzaju *Microcystis* sp.

W październiku wody jeziora charakteryzowały się bardzo małą liczebnością i biomasą ogólną zooplanktonu. Ustąpienie wrotków i wioślarek na korzyść widłonogów może

wynikać zarówno z fenologii poszczególnych taksonów jak i konkurencji ze strony widłonogów, które preferują wody zeutrofizowane.

Tabela 22. Liczebność (osob. dm⁻³) taksonów zooplanktonu w jeziorze Rakowo Małe w 2015 roku.

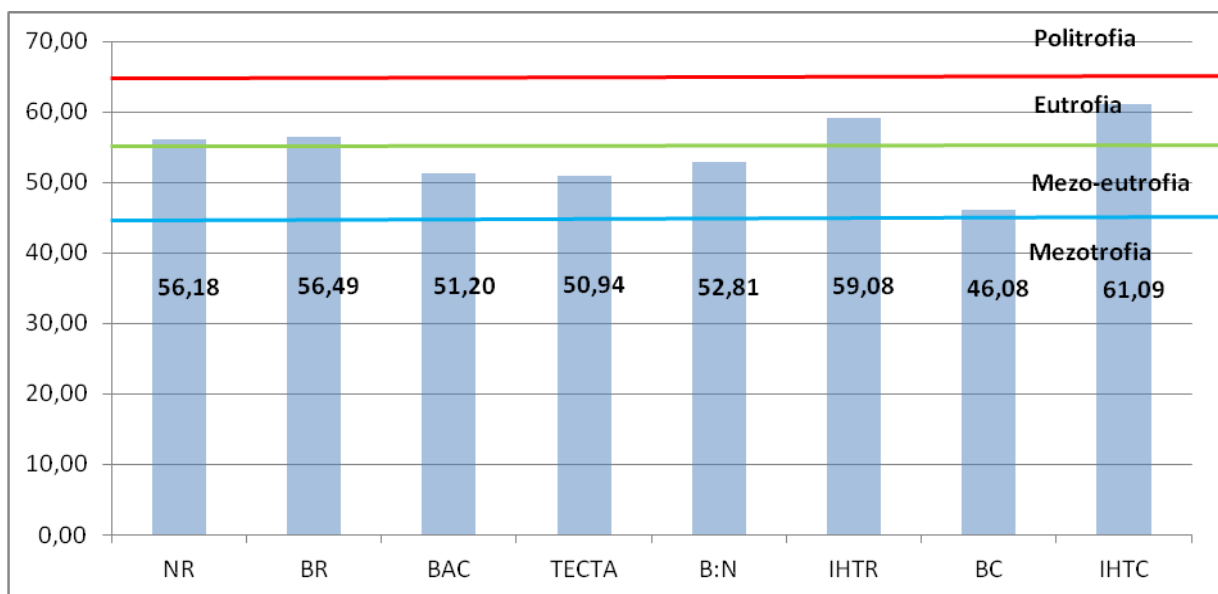
	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
<i>Anuraeopsis fissa</i>				56	184	48	10	
<i>Ascomorpha saltans</i>		60		16				
<i>Asplanchna priodonta</i>		40	48	6	1	16	4	
Bdelloidea	2	2,5			3	2	2	
<i>Brachionus anqularis</i>		180		12		1	2	
<i>Brachionus calyciflorus</i>		20					1	
<i>Cephalodella ventripes</i>	6							
<i>Colurella adriatica</i>	1	2,5						
<i>Colurella colurus</i>								1
<i>Colurella uncinata</i>	4							
<i>Conochilus unicornis</i>					56			
<i>Filinia longiseta</i>		30	3	2		1	18	
<i>Filinia terminalis</i>		50	2					
<i>Gastropus stylifer</i>			12	4	16	2		
<i>Kellicottia longispina</i>			1					
<i>Keratella cochlearis v. cochlearis</i>	50	960	3040	528	72	272	664	8
<i>K. cochlearis v. hispida</i>				48	2	36	16	
<i>K. cochlearis v. tecta</i>				80		10	1	
<i>Keratella quadrata</i>	14	140	64				1	1
<i>Keratella testudo</i>		2,5						
<i>Lecane closterocerca</i>				1		1		
<i>Lepadella elliptica</i>				1				
<i>Monommata longiseta</i>	1							
<i>Platylas quadricornis</i>							1	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	74	540						
<i>Polyarthra euryptera</i>					3	1		
<i>Polyarthra remata</i>			88	16	368	48	104	8
<i>Polyarthra vulgaris</i>		840	344	648	336	36	56	5
<i>Popmholyx sulcata</i>			48	3	16			
<i>Synchaeta oblonga</i>	48	30						
<i>Synchaeta pectinata</i>	6	90	48	10	1		4	1
<i>Trichocerca capucina</i>				24	12	18	1	
<i>Trichocerca pusilla</i>			1	2		56	1	
<i>Trichocerca russeleti</i>				4		48	8	
<i>Trichocerca similis</i>			1	6	200	40	36	
Rotifera Suma	206	2987,5	3700	1467	1270	636	930	24
<i>Acroperus harpae</i>					0,1		0,1	0,1
<i>Alona costata</i>							1	1
<i>Alona quadrangularis</i>								0,1
<i>Alonella nana</i>	1			1				
<i>Bosmina longirostris</i>	0,1	12,5	88	112	44	5	14	1
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>							2	0,1
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>				2	14	3		
<i>Chydorus ovalis</i>					0,1	1	0,1	
<i>Chydorus sphaericus</i>	1		2					1
<i>Daphnia cucullata</i>				0,1	0,1	1	1	
<i>Daphnia longispina</i>					0,1			
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>				0,1	1	0,1	0,1	
<i>Eurycercus lamellatus</i>								1
<i>Leptodora kindtii</i>					0,1			
<i>Pleuroxus triagonellus</i>								0,1
<i>Pleuroxus truncatus</i>				0,1		1		0,1
<i>Polyphemus pediculus</i>						0,1		1
<i>Scapholeberis mucronata</i>				1			0,1	0,1
<i>Sida crystalina</i>					0,1	0,1		0,1
<i>Simocephalus exsinosus</i>							0,1	0,1
Cladocera Suma	2,1	12,5	90	116,3	59,6	11,3	18,5	5,8
<i>Cyclops vicinus</i>	0,1							
<i>Diacyclops bicuspidatus</i>		0,2						
<i>Eucyclops macruroides</i>	0,1		0,1	0,1		0,1		
<i>Eudiaptomus araciloides</i>		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1	1
Herpacticoida	0,1	0,1	1					
<i>Macrocyclus albidus</i>	0,1							
<i>Meqacyclus viridis</i>							0,1	0,1
<i>Mesocyclops leukartii</i>	0,1	0,1	10	2	0,1		0,1	
<i>Thermocyclops crassus</i>				1				
<i>Thermocyclops oithonoides</i>		1	1	4	2	5	1	6
naupli Cyclopoida	10	60	72	112	152	184	136	3
Kopepodit Cyclopoida	2	2,5	40	20	40	22	42	12
Kopepodit Calanoida							1	
Copepoda Suma	12,5	64	124,2	139,2	194,2	211,2	181,2	22,1
Razem	220,6	3064	3914,2	1722,5	1523,8	858,5	1129,7	51,9

Tabela 23. Biomasa (mg dm⁻³) taksonów zooplanktonu w jeziorze Rakowo Małe w 2015 roku.

	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Październik
<i>Anuraeopsis fissa</i>				0,00323	0,01060	0,00276	0,00058	
<i>Ascomorpha saltans</i>		0,01506		0,00402				
<i>Asplanchna priodonta</i>		0,20800	0,24960	0,03120	0,00520	0,08320	0,02080	
Bdelloidea	0,00032	0,00041			0,00049	0,00033	0,00033	
<i>Brachionus anqularis</i>		0,04241		0,00283		0,00024	0,00047	
<i>Brachionus calyciflorus</i>		0,04999					0,00250	
<i>Cephalodella ventripes</i>	0,00059							
<i>Colurella adriatica</i>	0,00007	0,00016						
<i>Colurella colurus</i>								0,00005
<i>Colurella uncinata</i>	0,00036							
<i>Conochilus unicornis</i>					0,05488			
<i>Filinia lonaiseta</i>		0,00692	0,00069	0,00046		0,00023	0,00415	
<i>Filinia terminalis</i>		0,01540	0,00062					
<i>Gastropus stylifer</i>			0,00393	0,00131	0,00524	0,00065		
<i>Kellicottia lonaispina</i>			0,00016					
<i>Keratella cochlearis v. cochlearis</i>	0,00650	0,12480	0,39520	0,06864	0,00936	0,03536	0,08632	0,00104
<i>K. cochlearis v. hispida</i>				0,00715	0,00030	0,00536	0,00238	
<i>K. cochlearis v. tecta</i>				0,01040		0,00130	0,00013	
<i>Keratella quadrata</i>	0,00910	0,09104	0,04162				0,00065	0,00065
<i>Keratella testudo</i>		0,00132						
<i>Lecane closterocerca</i>				0,00009		0,00009		
<i>Lepadella elliptica</i>				0,00009				
<i>Monommata lonaiseta</i>	0,00024							
<i>Platylas quadricornis</i>							0,00248	
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0,04097	0,37340						
<i>Polyarthra euryptera</i>					0,00381	0,00127		
<i>Polyarthra remata</i>			0,02042	0,00371	0,08538	0,01114	0,02413	0,00186
<i>Polyarthra vulgaris</i>		0,25982	0,10640	0,20043	0,10393	0,01114	0,01732	0,00155
<i>Popmholyx sulcata</i>			0,01056	0,00066	0,00352			
<i>Synchaeta oblonga</i>	0,00780	0,00487						
<i>Synchaeta pectinata</i>	0,00854	0,20726	0,11054	0,02303	0,00230		0,00921	0,00230
<i>Trichocerca capucina</i>				0,01425	0,00713	0,01069	0,00059	
<i>Trichocerca pusilla</i>			0,00008	0,00016		0,00450	0,00008	
<i>Trichocerca rousseleti</i>				0,00048		0,00570	0,00095	
<i>Trichocerca similis</i>			0,00016	0,00099	0,03293	0,00659	0,00593	
Rotifera Suma	0,07449	1,40087	0,93998	0,37312	0,32505	0,18054	0,17900	0,00745
<i>Acroperus harpae</i>					0,04326			
<i>Alona costata</i>					0,00526	0,00526		0,00526
<i>Alona quadrangularis</i>				0,00526	0,05257	0,00526	0,00526	
<i>Alonella nana</i>							0,02236	0,00112
<i>Bosmina longirostris</i>				0,02236	0,15655	0,03355		
<i>Ceriodaphnia pulchella</i>				0,00264	0,00264	0,02642	0,02642	
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>					0,00264			
<i>Chydorus ovalis</i>							0,00148	0,00148
<i>Chydorus sphaericus</i>				0,01195			0,00119	0,00119
<i>Daphnia cucullata</i>	0,00003	0,03559	0,25053	0,31886	0,12527	0,01423	0,03986	0,00285
<i>Daphnia longispina</i>								0,03850
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0,00256			0,00175				
<i>Eurycerus lamellatus</i>					0,00031	0,00306	0,00031	
<i>Leptodora kindtii</i>	0,00722		0,00871					0,00436
<i>Pleuroxus triagonellus</i>				0,00068		0,00684		0,00068
<i>Pleuroxus truncatus</i>								0,00032
<i>Polyphemus pediculus</i>					0,00053		0,00053	0,00053
<i>Scapholeberis mucronata</i>							0,00175	0,00175
<i>Sida crystallina</i>								0,00040
<i>Simocephalus exsinosus</i>						0,00102		0,01024
Cladocera Suma	0,00981	0,03559	0,25925	0,36351	0,38902	0,09564	0,09916	0,06868
<i>Cyclops vicinus</i>	0,00085							
<i>Diacyclops bicuspidatus</i>		0,00553						
<i>Eucyclops macruroides</i>							0,00370	0,00370
<i>Eudiaptomus araciloides</i>	0,00021	0,00211	0,21140	0,04228	0,00211		0,00211	
Herpacticoida				0,01672				
<i>Macrocyclus albidus</i>	0,00000	0,01672	0,01672	0,06686	0,03343	0,08358	0,01672	0,10029
<i>Meqacyclus viridis</i>	0,00048		0,00200	0,00200		0,00200		
<i>Mesocyclops leukartii</i>	0,00048							
<i>Thermocyclops crassus</i>		0,00313	0,00313	0,00313	0,00313	0,00313	0,03128	0,03128
<i>Thermocyclops oithonoides</i>	0,00055	0,00055	0,00545					
naupli Cyclopoida	0,00434	0,02605	0,03126	0,04863	0,06599	0,07988	0,05905	0,00130
Kopepodit Cyclopoida	0,01091	0,01364	0,21818	0,10909	0,21818	0,12000	0,22909	0,06545
Kopepodit Calanoida							0,00545	
Copepoda Suma	0,01782	0,06772	0,48813	0,28870	0,32285	0,28859	0,34740	0,20203
Razem	0,10212	1,50418	1,68736	1,02532	1,03692	0,56477	0,62556	0,27816

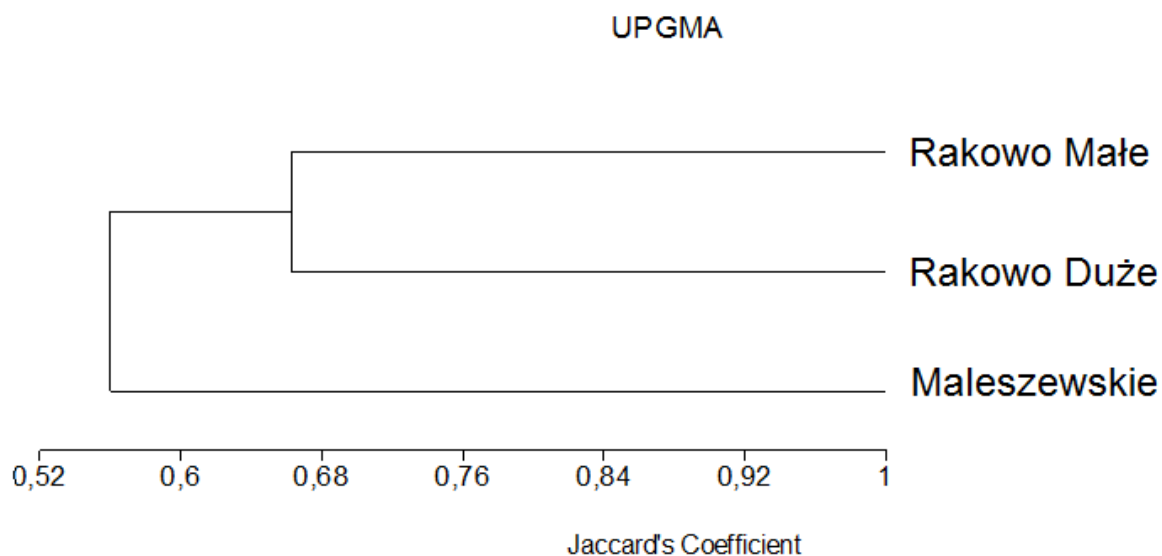
Oceny trofii jeziora Rakowo Małe dokonano bazując na ośmiu wskaźnikach trofii wód (Ejsmont-Karabin 2012, Ejsmont-Karabin & Karabin 2013). Posłużono się danymi z lipca i sierpnia. Cztery wskaźniki zaklasyfikowały wody jeziora do wód eutroficznych, a cztery wskaźników wskazały na status mezo-eutrofii. Dwa spośród użytych wskaźników, które

zaklasyfikowały wody jeziora Rakowo Małe do wód eutroficznych dotyczą liczebności i biomasy wrotków, a kolejne dwa udziału gatunków charakterystycznych dla wysokiej trofii w grupie gatunków wskaźnikowych. Taksonami wskaźnikowymi wysokiej trofii są: *Keratella cochlearis f tecta*, *Keratella quadrata*, *Pompholyx sulcata*, *Filinia longiseta*, *Anuraeopsis fissa*, *Trichocerca pusilla*, *Brachionus* sp., *Proales micropus*, Bdelloidae, *Mesocyclops leucarti*, *Thermocyclops oithonoides*, *Diaphanosoma Brachyurum*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina coregoni thersites*, *Bosmina longirostris*, natomiast gatunkami charakterystycznymi dla niskiej trofii są: *Ascomorpha ovalis*, *Conochilus hippocrepis*, *Ascomorpha ecaudis*, *Gastropus stylifer*, *Polyarthra major*, *Heterocope appendiculata*, *Eubosmina berolinensis*, *Bythotrephes longimanus*, *Daphnia hyalina longispina v galeata*, *Daphnia cristata*, *Daphnia cucullata*. Na podstawie wskaźników zooplanktonowych wody jeziora Rakowo Małe wykazują status eutrofii.



Rysunek 22. Wartość indeksów zooplanktonowych trofii dla jeziora Rakowo Małe.

NR - Liczebność Rotifera, BR - Całkowita biomasa Rotifera, BAC - Udział bakteriofagów w całkowitej liczebności Rotifera, TECTA - Udział formy *tecta* w populacji *Keratella cochlearis*, B:N - Stosunek biomasy do liczebności Rotifera, IHTR - Udział gatunków wskaźnikowych wysokiej trofii w grupie gatunków indykatorowych Rotifera, BC - Biomasa Cyclopoida, IHTC - Udział gatunków wskaźnikowych wysokiej trofii w grupie gatunków indykatorowych Crustacea. Wartości indeksów: mezotrofia <45, mezo-eutrofia 45-55, eutrofia 55-65, politrofia >65.



Rysunek 23. Poziom podobieństwa taksonomicznego pomiędzy badanymi jeziorami.

Analiza Jaccarda wykazała, że jeziora Rakowo Małe i Rakowo Duże charakteryzują się podobnym składem taksonomicznym zaś jezioro Maleszewskie jest odległe pod względem taksonomicznym z jeziorami Rakowo Małe i Rakowo Duże. Wynika to z różnorodności siedlisk w poszczególnych jeziorach i odmiennych właściwości fizyko-chemicznych wód. Skład gatunkowy roślinności wodnej w poszczególnych jeziorach może mieć znaczny wpływ na kształtowanie się struktur zooplanktonu. Zabiegi rekultywacyjne np. wycinka makrofitów czy stosowanie środków chemicznych (koagulantów) w jeziorach może skutkować zmianą struktury jakościowej i ilościowej zooplanktonu.

Literatura

- Ejsmont-Karabin, J. (2012). The usefulness of zooplankton as lake ecosystem indicators: rotifer trophic state index. *Polish Journal of Ecology*, 60(2), 339-350.
- Ejsmont-Karabin, J., & Karabin, A. (2013). The suitability of zooplankton as lake ecosystem indicators: crustacean trophic state index. *Polish Journal of Ecology*, 61(3), 561-573.
- Kiefer, F., & Fryer, G. (1978). *Das Zooplankton der Binnengewässer*. E. Schweizerbart.
- Kutikova, L. A. (1970). Kolovratki fauny SSSR Rotatoria.
- Morduchaj-Boltkowska, F.D., (1954). Materijaly po srednemu vesu vodnych bespozvonocnych Basejna Dona. *Trudy prob. i tematic. Sovesc. ZIN*, 2: 223-241.

- Radwan, S., Bielańska-Grajner, I., & Ejsmont-Karabin, J. (2004). Wrotki - rotifera. Fauna słodkowodna Polski. Oficyna Wydawnicza Tercja. Łódź
- Rybak, J. I., & Błędzki, L. A. (2010). Słodkowodne skorupiaki planktonowe: klucz do oznaczania gatunków. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Starmach, K. (1955). Metody badania planktonu. PWRiL, Warszawa
- Wagler, E. (1937) Crustacea (Krebstiere). Die Tierwelt Mitteleuropas, 2. Brohmer P., Ehrmann P. und Ulmer G. Eds, Leipzig.

9. Charakterystyka makrozoobentosu

Badania nad makrobezkręgowcami bentosowymi (zwanymi dalej bentosem) mogą stanowić bogate źródło wiedzy na temat stanu środowiskowego badanych ekosystemów wodnych, takich jak jeziora, rzeki czy nawet morza. Współcześnie, w Polsce stanowią one istotny element w ocenie stanu ekologicznego jezior, rzek oraz zbiorników zaporowych. Niektóre organizmy bentosowe posiadają określone wymagania środowiskowe, dzięki czemu ich obecność daje obraz długofalowych zmian w stanie ekologicznym zbiorników wodnych.

W celu scharakteryzowania bentosu jezior: Maleszewskie, Rakowo Duże oraz Rakowo Małe, na każdym jeziorze wybrano jedno stanowisko, zlokalizowane w najbardziej reprezentatywnej części linii brzegowej zbiornika. Próby pobrano w okresie wiosennym (kwiecień) oraz jesiennym (październik) siatką hydrobiologiczną opierając się na metodzie „kick sampling” przez około 30 sekund. Organizmy konserwowano w 70% roztworze alkoholu etylowego a następnie oznaczano w laboratorium do najniższej możliwej jednostki taksonomicznej.

Bentos badanych jezior był charakterystyczny dla niewielkich zbiorników wodnych silnie porośniętych roślinnością zarówno zanurzoną jak i wynurzoną oraz charakteryzujących się stosunkowo wysoką i wysoką zasobnością w związki pokarmowe. Największe zagęszczenie bentosu obserwowano na jeziorze Maleszewskim wiosną (500 osobn.) oraz jesienią (737 osobn.), co jest zapewne związane z największą ilością gnijącej materii organicznej oraz bogatym porośnięciem dna jeziora przez makrofitę. Najniższe zagęszczenie bentosu notowano natomiast w zbiorniku Rakowo Małe (wiosną 70 osobn. oraz jesienią 39 osobn.), cechującym się najkorzystniejszymi, z punktu widzenia człowieka warunkami troficznymi. Chociaż należy tutaj podkreślić, że jezioro Rakowo Duże odznaczało się podobnymi strukturami bentosu jak jezioro Rakowo Małe. W badanych próbach, bentos najliczniej reprezentowany był przez larwy ochotek (Chironomidae) w liczbie 365 osobn., które to stanowiły 23% wszystkich badanych bezkręgowców. Larwy te spotykane były licznie

na wszystkich stanowiskach, zarówno na wiosnę jak i jesień. Muchówki z tej rodziny są organizmami ubikwistycznymi, odżywiającymi się martwą materią organiczną (szczątki roślin - detrytus), cechują się również dużą odpornością na niedobory tlenowe. Stąd, bogate w martwą materię organiczną (detrytus) jeziora są dogodnym miejscem do rozwoju tych muchówek, nie dając przy tym szansy na rozwój lub uzyskanie wysokich liczebności innym organizmom, potencjalnym konkurentom, ze względu na niekorzystne warunki środowiskowe. Ponadto, w badanych jeziorach licznie spotykano też larwy jętek z rodzaju *Baetis sp.* (321 osobn., 20% ogólnej liczby bentosu) oraz *Cloeon sp.* (214 osobn., 13,5% ogólnej liczby bentosu). Zaraz za nimi klasyfikowały się ośliczki wodne (*Asellus aquaticus* – 196 osobn., 12% ogólnej liczby bentosu) oraz chruściki z rodziny Polycentropodidae (124 osobn., 9% ogólnej liczby bentosu). Wszystkie wymienione taksony są organizmami ubikwistycznymi, często spotykanymi w zarośniętych zbiornikach o podwyższonej trofii. Organizmy te najliczniej występowały w jeziorze Maleszewo, co świadczy o znacznie większym w tym jeziorze udziale roślinności w tworzeniu siedlisk dla bentosu oraz detrytusu, aniżeli w pozostałych dwóch jeziorach. Duże liczebności tych taksonów świadczą o dużej zasobności środowiska w pokarm (detrytus, martwa materia organiczna) oraz dużej liczbie kryjówek przed drapieżnikami, np. wśród gęstej roślinności podwodnej. Ponadto, we wszystkich jeziorach, w okresie wiosennym i jesiennym notowano nieznaczne ilości larwy jętek z rodzaju *Caenis sp.* (69 osobn., 4% ogólnej liczebności bentosu). Również i w tym przypadku świadczy to o gęstym porośnięciu litoralu przez roślinność.

Skład jakościowy oraz ilościowy bentosu na badanych stanowiskach świadczy o dużym stopniu porośnięcia dna przez makrofitę, dużej dostępności martwej materii organicznej (detrytusu) jako bazy pokarmowej, a co za tym idzie wysokim stopniu eutrofizacji badanych zbiorników. Układ taki jest szczególnie dobrze widoczny w jeziorze Maleszewskim, silnie zeutrofizowanym, cechującym się bogatym porośnięciem dna przez makrofitę i przez to grubą warstwą osadów o niekorzystnych warunkach tlenowych. Jeziora Rakowo Duże i Rakowo Małe, w oparciu o struktury bentosu, są do siebie relatywnie podobne. Odznaczają się one również stosunkowo wysokim statusem troficznym, lecz mniejszym niż w przypadku jeziora Maleszewskiego.

Tabela 24. Skład taksonomiczny i ilościowy (osobn. m²) bentosu w badanych jeziorach

Takson	Maleszewo	Maleszewo	Rakowo Duże	Rakowo Duże	Rakowo Małe	Rakowo Małe
	Kwiecień	Październik	Kwiecień	Październik	Kwiecień	Październik
<i>Alboglossiphonia heterochita</i>	5				1	
<i>Erpobdella octoculata</i>			2		1	
Erpobdellidae	1					
<i>Asellus aquaticus</i>	4	187	5			
<i>Gammarus</i> sp.		1				
<i>Sialis</i> sp.				3		1
Baetidae			1	8	4	
<i>Baetis</i> sp.		321				
<i>Caenis</i> sp.	19	7	18	10	3	12
<i>Cloeon</i> sp.	214					
Cordulidae				1		
<i>Erythromma najas</i>	15					
Libellulidae	1					
<i>Platycnemis pennipes</i>			6	7	1	
Corixidae		45				
<i>Micronecta</i> sp.		93		2		
Hydroptilidae					1	
Leptoceridae	7					
<i>Limnephilus</i> sp.			22		3	
<i>Phyragenea</i> sp.				3		
Polycentropodidae	84	25	4	3	8	
Ceratopogoniidae			1		2	1
<i>Chaoborus</i> sp.					2	3
Chironomidae	126	47	85	47	41	19
Sciomyzidae				1		
<i>Acentria ephemerella</i>	3	1				
<i>Paraponyx stratiotata</i>	2	3		4		
<i>Acroloxus lacustris</i>						
<i>Bithynia tentaculata</i>				1		
<i>Lymnea</i> sp.						1
<i>Radix</i> sp.						1
<i>Valva</i> sp.	19	7				
Hydracarina					3	
Razem	500	737	144	90	70	38

10. Charakterystyka ichtiofauny

Observacje własne oraz podstawowe informacje na temat ichtiofauny, pozyskane od społeczności lokalnej, dzierżawców oraz od wędkarzy użytkujących jeziora Maleszewskie, Rakowo Duże i Rakowo Małe właściwie odzwierciedlają warunki środowiskowe panujące w tych zbiornikach wodnych. Według tych informacji w wodach jezior spotyka się następujące gatunki ryb: szczupak (*Esox lucius*), sandacz (*Sander lucioperca*), okoń (*Perca fluviatilis*), leszcz (*Abramis brama*), krap (*Abramis bjoerkna*), płoć (*Rutilus rutilus*) i wzdręga (*Scardinius erythrophthalmus*), ciernik (*Gasterosteus aculeatus*). Ponadto, w jeziorze Maleszewskim może występować karp (*Cyprinus carpio*). Zdecydowaną przewagą ilościową odznaczają się gatunki karpiozłote. Większość osobników ichtiofauny zasiedlających jeziora osiąga niewielkie rozmiary, co może być związane ze zjawiskiem karłowacenia ryb. W niekorzystnych warunkach hydrochemicznych, obserwuje się to zjawisko, w szczególności ryb karpiozłotych. Wraz ze wzrostem trofii (żywności) jezior zmienia się również udział poszczególnych gatunków ryb w strukturze ichtiofauny, szczególnie przy wyraźnym wzroście udziału ryb karpiozłotych. Pozyskane informacje wskazują, na znaczną liczebność ryb karpiozłotych (głównie krap i płoć) w połowach wędkarskich, co odzwierciedla niekorzystnie wysoki poziom trofii tego akwenu. Przypuszczać też należy, że w związku ze zmianą struktury ichtiofauny w jeziorach zachodzi efekt ichtioeutrofizacji. Układ ten przejawia się występowaniem dużej biomasy drobnych ryb karpiozłotych żerujących na dużych planktonach filtrujących wodę z komórek fitoplanktonu powodującego zakwit. Opierając się na powyższych obserwacjach i informacjach można wnioskować, że struktura gatunkowa i ilościowa ichtiofauny w każdym z jezior, a szczególnie w jeziorach Maleszewskim i Rakowo Duże jest typowa dla jezior o dużej żywności, silnie zeutrofizowanych, w których wielkość zasobów ryb karpiozłotych jest zdecydowanie wyższa, niż ryb drapieżnych. Można przypuszczać, iż przy braku zabiegów biomanipulacyjnych (opartych głównie na zarybieniach rybami drapieżnymi) w przyszłości może wystąpić znacznie intensywniejsze zjawisko „karłowacenia” ryb karpiozłotych.

Chociaż wnioski odnoszące się do struktury ichtiofauny są spekulacyjne, gdyż oparte na obserwacjach i informacjach ustnych, to są one jednak bardzo prawdopodobne. Porównanie innych warunków biologicznych, niż skład ichtiofauny z innymi podobnie zagrożonymi jeziorami pozwala przypuszczać, że struktury ichtiofauny w sensie utrzymania równowagi ekologicznej i zachowania bioróżnorodności cechują się niekorzystnymi wskaźnikami. W każdym razie, dla pełnego potwierdzenia tej tezy należy w przyszłości wykonać w analizowanych jeziorach pełne i szczegółowe badania struktur ichtiofauny.

11. Podsumowanie

W odniesieniu do zaprezentowanych wyników można stwierdzić, że: 1) jezioro Maleszewskie jest jeziorem zdegradowanym o wysokiej podatności na degradację, świadczy o tym mała objętość wody w stosunku do zlewni, położenie jeziora w granicach miasta, jak i sąsiedztwo bezpośredniej zlewni, w obrębie której mogą znajdować się źródła zanieczyszczeń, 2) jezioro Rakowo Duże znajduje się obecnie w stanie zmierzającym ku politrofizacji wód wywołanym w przeszłości nadmiernym negatywnym wpływem człowieka, 3) jezioro Rakowo Małe jest zbiornikiem eutroficznym o widocznym, lecz nie nadmiernym wpływie zlewni leśnej powodującej stan dystrofii. Stąd, jezioro Maleszewskie, ze względu na jego niekorzystny stan sanitarny i lokalizację w otoczeniu miasta należy poddać zabiegom mającym na celu poprawę jego warunków fizykochemicznych i biologicznych. Szczególnie niekorzystnym zjawiskiem jest tutaj duża biomasa roślinności wodnej, gnijącej w okresie powegetacyjnym w pozbawionych dostatecznej ilości tlenu do mineralizacji osadach. W związku z tym, dochodzi do powiększania z roku na rok kolejnej warstwy rozkładającej się materii organicznej i zwiększenia stężenia niebezpiecznych gazów dla zdrowia człowieka, szczególnie siarkowodoru. Jezioro Rakowo Duże jest zbiornikiem, który może być wykorzystywany rekreacyjnie, jednak z powodu pojawiających się latem zakwitów bruzdnicowych i sinicowych możliwość rekreacji może być ograniczona. Aby, temu przeciwdziałać jezioro Rakowo Duże należy poddać standardowym zabiegom rekultywacyjnym. Jezioro Rakowo Małe cechuje się wskaźnikami wskazującymi na raczej naturalny proces eutrofizacji jego wód, stąd nie są tutaj wskazane żadne zabiegi rekultywacyjne. Jezioro to, ze względu na bogactwo gatunkowe flory i fauny, po ukształtowaniu odpowiedniej infrastruktury, z dużym powodzeniem może stanowić żywą ekspozycję wodnej różnorodności biologicznej w celach turystycznych i edukacyjnych, choć również rekreacyjnych.

Przeprowadzenie właściwych zabiegów rekultywacyjnych i restauracyjnych w jeziorach Maleszewskim i Rakowo Duże, nie będzie możliwe bez wykonania niezbędnych działań eliminacji lub znacznej i wyraźnej minimalizacji źródeł zanieczyszczeń, którymi potencjalnie w przypadku jeziora Maleszewskiego są dopływ nr 1 i dopływ nr 2 - najważniejsze źródła biogenów pochodzące z zewnątrz jeziora i niosące przez cały rok ze swoimi wodami znaczne ilości biogenów. Wyniki badań fizykochemicznych wskazują na możliwość zrzutu lub przedostawania się do tych źródeł nieoczyszczonych ścieków pochodzących z gospodarstw domowych, rolnych lub ogrodów działkowych. Jednakże, bardzo istotnym źródłem pierwiastków biogenych dla jeziora są też jego osady, jak również

biomasa roślinności wodnej, głównie helofitów. Dodatkowo, jezioro Maleszewskie może podlegać presji wędkarskiej, przyspieszającej pośrednio proces ichtioeutrofizacji, chociaż jest to jedynie przypuszczenie. Pewna część biogenów jest zapewne wprowadzana do wód jeziora Maleszewskiego i Rakowo Duże ze spływami powierzchniowymi, lecz z uwagi na właściwie znikomą aktywność agrarną, biogeny ze zlewni bezpośredniej pochodzą jedynie z naturalnie występującej, rozkładającej się roślinności porastającej zlewnię tych dwóch jezior. Stąd, dopływ tych pierwiastków biogennych bezpośrednio ze zlewni raczej nie wpływa istotnie na kształtowanie niekorzystnych procesów eutrofizacyjnych wód analizowanych jezior. Dużo większą rolę odgrywają tutaj dopływy powierzchniowe, szczególnie w przypadku jeziora Maleszewskiego.

Jezioro Maleszewskie i Rakowo Duże są nierozłącznie związane miastem Złocieniec. Pełnią tam one, albo mogą pełnić ważną rolę rekreacyjną dla mieszkańców miasta i przybywających gości. Tymczasem, pogarszająca się jakość wód tych jezior i zakwity glonów w Rakowie Dużym oraz gruba warstwa osadów i gęste porośnięcie roślinnością w jeziorze Maleszewskim, znacznie ograniczają lub wręcz uniemożliwiają tę funkcję. Dotychczas nie przeprowadzono żadnych zabiegów wspomagających naturalny proces samooczyszczania się jezior. Jednakże, ocena wskaźników fizykochemicznych i biologicznych na podstawie badań prowadzonych w roku 2015 wykazuje na obciążenie roczne jeziora biogenami, które powoduje przyspieszoną eutrofizację. Proces ten jest znacznie wyraźniejszy w jeziorze Maleszewskim niż w Rakowie Dużym. Aczkolwiek, również Rakowo Duże znajduje się obecnie w fazie zmierzającej do gwałtownie postępującej eutrofizacji spowodowanej niekorzystnym wpływem człowieka. Stąd, według wyników badań, jezioro Maleszewskie osiągnęło poziom troficzny, od którego samooczyszczenie się wód stało się niemożliwe, natomiast jezioro Rakowo Duże do uzyskania takiego poziomu się zbliża. Stąd, wydaje się, że dla uzyskania zadowalających efektów, przy tym bezpiecznych dla funkcjonowania tych zbiorników bez narażenia ich równowagi ekologicznej, konieczne jest zastosowanie radykalniejszych, ale optymalnych i racjonalnych metod restauracyjnych. Po analizie stanu wyników badań i obserwacjach najlepszymi metodami w celu rekultywacji i restauracji jezior są następujące działania:

1. W przypadku jeziora Maleszewskiego:

- a) Ograniczenie dalszego dopływu biogenów do wód jeziora.
 - Odcięcie źródeł ścieków dopływających do jeziora.
 - Zamontowanie systemów filtracyjnych na dopływach.

- Założenie stref buforowych z nasadzeń drzew i krzewów brzegach jeziora, np. wierzby energetycznej, które wychwytywać będą część spływających ze zlewni pierwiastków biogennych.
 - Zakaz stosowania zanęt wędkarskich lub ograniczenia w ich stosowaniu.
 - Wycinanie roślinności wodnej, szczególnie helofitów, w końcowym okresie wegetacji, ale w stanie zachowania zdolności fotosyntetycznej, co ograniczy powrót do wody wykorzystanych podczas wegetacji roślin biogennych.
 - Ewentualne wybudowanie rowu opaskowego odprowadzającego wodę z obszaru miejskiego
 - Ewentualne bagrowanie osadów dennych, lecz z uwagi na wysoki stopień inwazyjności tej metody nie jest ona zalecana w miejscach o szczególnych walorach czy warunkach przyrodniczych.
- b) Zastosowanie metody biomanipulacyjnej, polegającej na wsiedlaniu corocznie, przez okres kilku lat do wód letniego lub jesiennego narybku ryb drapieżnych. Jest to metoda polegająca na świadomym kształtowaniu biocenozy organizmów wodnych mająca prowadzić do poprawy jakości środowiska wodnego. Celem głównym biomanipulacji w akwenach jest zwiększenie udziału dużych zwierzęcych filtratorów planktonowych, głównie wioślarek (*Cladocera*), które konsumują duże ilości fitoplanktonu, detrytus, bowiem glony, jako podstawa i pierwsze ogniwo piramidy troficznej, mówiąc w pewnym uproszczeniu, są w największej mierze odpowiedzialne za zakwity i co z się z tym wiąże za skalę i tempo eutrofizacji wód jeziora. Duże organizmy wchodzące w skład zooplanktonu są z kolei w naszych warunkach podstawowym pokarmem drobnych ryb karpiowatych, których populacje w jeziorach zeutrofizowanych zazwyczaj znacznie zwiększają swą liczebność. Chodzi tu głównie o populacje drobnej płoci, leszcza, krąpia. Głównymi metodami ograniczania liczebności tych zespołów ryb jest wprowadzanie dużych ilości drapieżników. Materiał zarybieniowy powinien posiadać wymagany weterynaryjny wynik badania upoważniający do zarybiania obwodów rybackich. Rozwój ryb w zbiorniku musi znajdować się pod ciągłą kontrolą. W tym celu powinny być co najmniej raz w roku przeprowadzane połowy kontrolne (po połowach ryby drapieżne należy bezwzględnie wsiedlić z powrotem do jeziora), nastawione zwłaszcza na określenie liczebności, składu gatunkowego i kondycji ryb. Działania te zapewnią utrzymanie korzystnego z punktu widzenia czystości wody stosunku ryb drapieżnych do planktono- i bentosożernych. W metodzie biomanipulacji ważne jest ograniczenie do**

minimum wyławiania ryb drapieżnych. W związku z powyższym zalecane jest wprowadzenie zakazu połowu ryb drapieżnych lub ograniczenie maksymalnej ilości poławianych ryb drapieżnych (w przypadku sandacza i szczupaka do 2 osobników), jak również wprowadzenie wyższego o 10 cm wymiaru ochronnego dla tych gatunków ryb.

Zastosowanie innych metod rekultywacyjnych w jeziorze Maleszewskim niekoniecznie musi przynieść spodziewany efekt, gdyż najważniejszym działaniem w wodach tego jeziora jest pozbycie się biogenów zawartych w dopływach, tkankach roślin wodnych oraz w osadach, co przy tak dużym ładunku i takiej specyfice morfologicznej jeziora można właściwie osiągnąć stosując metody fizyczne. W przeciwnym wypadku wydatkowanie publicznych pieniędzy na rekultywację będzie nieuzasadnione, i z bardzo dużym prawdopodobieństwem można przypuszczać, że nie zakończy się sukcesem. Jezioro Maleszewskie jest zbyt poważnie posunięte w procesach eutrofizacyjnych i degradacji swojego środowiska aby jakakolwiek metoda mogłaby przywrócić je do stanu używalności rekreacyjnej np. w postaci kąpieliska. Można tutaj jedynie wpłynąć na spowolnienie procesów eutrofizacyjnych głównie poprzez zabiegi fizyczne, głównie w celu zminimalizowania dalszych skutków procesów gnilnych zachodzących w jeziorze powodujących wzrost stężenia siarkowodoru.

2. W przypadku jeziora Rakowo Duże:

a) Ograniczenie dalszego dopływu biogenów do wód jeziora.

- Ewentualne odcięcie źródeł ścieków dopływających do jeziora.
- Założenie stref buforowych z nasadzeń drzew i krzewów brzegach jeziora.
- Zakaz stosowania zanęt wędkarskich lub ograniczenia w ich stosowaniu.
- Wycinanie roślinności wodnej, szczególnie helofitów, w końcowym okresie wegetacji, ale w stanie zachowania zdolności fotosyntetycznej.
- Ewentualne wybudowanie rowu opaskowego odprowadzającego wodę z obszaru miejskiego.

b) Rekultywację jeziora metodą inaktywacji fosforu przez zastosowanie koagulantu glinowego PAX, w okresie do trzech lat. Metoda inaktywacji fosforu, polega na związaniu go z toni wodnej i zablokowaniu w osadach dennych w postaci nierozpuszczalnych, ciemnych cząsteczek, zwanych kłaczkami (obojętnych dla ludzi i zwierząt wodnych), nie ograniczających dotychczasowych form korzystania z jeziora,

zwiększając właściwości sorpcyjne osadów. Należy przy tym podkreślić, iż zawartość fosforu w wodzie limituje rozwój glonów (ograniczenie zakwitów sinicowych), stąd zablokowanie go w osadach dennych powoduje, że glony pozbawione substancji odżywczych nie mogą się rozwijać. Preparat PAX powinno się aplikować do jeziora w okresie wiosennym lub jesiennym w kilku dawkach, a efekty, w przypadku tego jeziora cechującego się długim czasem retencji wody powinny być widoczne już przy pierwszym dozowaniu. Należy przy tym pamiętać, iż na przeprowadzenie rekultywacji metodą chemiczną, tj. metodą koagulacji związków fosforu niezbędna jest pozytywna decyzja wodnoprawna.

- c) Dodatkową, wspomagającą metodę biomanipulacyjną, polegającą na wsiedlaniu corocznie, przez okres trzech lat do wód jesiennego narybku ryb drapieżnych.

Efekty tych dwóch metod oczyszczania jeziora Rakowo Duże (rekultywacji metodą inaktywacji fosforu oraz biomanipulacji rybackich), powinny być zauważalne już po pierwszym dawkowaniu koagulantów fosforu. Zaznaczyć obiektywnie trzeba, że zastosowanie tych obu metod będzie najbardziej optymalną formą rekultywacji wód jeziora zarówno pod kątem ekonomicznym, czasowym i ekologicznym. Jednakże, powinno się systematycznie prowadzić badania hydrochemiczne i hydrobiologiczne, aby oszacować kolejną dawkę i określić efekt, który uzależniony jest od stopnia ograniczenia dopływu biogenów do wód jeziora. W obliczu uzyskanych wyników badań można przypuszczać, że jezioro Rakowo Duże, niezdegradowane w stopniu uniemożliwiającym jego restaurację mogłoby po zastosowaniu ww. zabiegów rekultywacyjnych spełniać warunki sanitarne pozwalające na stworzenie nawet miejsc do kąpeli lub kąpielisk. Jednakże, przed podjęciem jakichkolwiek decyzji w związku z realizacją prac rekultywacyjnych należałoby przeprowadzić gruntowne badania fizykochemiczne i biologiczne wód, a szczególnie osadów dennych.

3. W przypadku jeziora Rakowo Małe. W jeziorze tym nie są wymagane żadne zabiegi rekultywacyjne. Jezioro Rakowo Małe odznacza się właściwymi jak na specyfikę morfologiczną, lokalizację w zlewni i zachodzące w nim procesy, warunkami ekologicznymi. Świadczą o tym wartości wskaźników fizykochemicznych i biologicznych, wskazujące raczej na naturalny, nie przyspieszony obecnie działalnością człowieka, przebieg procesów eutrofizacyjnych. Z uwagi na ten stan jezioro lub jego bliskie otoczenie może być z dużym

sukcesem wykorzystane jako obiekt edukacyjny lub turystyczny w celu kształtowania właściwych postaw ekologicznych.

Przy wyborze metod rekultywacji jezior, należy zwrócić szczególną uwagę na ich skuteczność i trwałość ich efektu. Powinny to być metody sprawdzone, stosowane na innych tego typu obiektach z powodzeniem od wielu lat i przede wszystkim potwierdzone wiarygodnymi wynikami badań niezależnych jednostek. W przeciwnym razie wydatkowanie publicznych środków na ten cel będzie nieuzasadnione.

Opracował na zlecenie Urzędu Miasta i Gminy w Złocieńcu

Prof. nadzw. Dr hab. inż. Robert Czerniawski