

Krystyna Stachowicz
Maria Czernoch

JAKOŚĆ WODY ORAZ PRODUKCJA PIERWOTNA W ZBIORNIKU DZIECKOWICE

Zbiornik Dzieckowice, zlokalizowany we wschodniej części GOP, powstał w 1976 r. w wyniku napełnienia wyrobiska po eksploatacji piasku posadzkowego wodami Soły. W niedalekiej przyszłości ma on stanowić główne źródło wody pitnej dla GOP. Bliższe dane dotyczące lokalizacji zbiornika, jego historii i perspektyw przedstawiono w pracy [1]. Zbiornik zasilany jest w sposób sztuczny, poprzez przepompowywanie wód Soły i Skawy. Nie posiada on naturalnego odpływu, a wymiana wód następuje jedynie w wyniku ujmowania ich obecnie głównie do celów przemysłowych (Huta Katowice), a w przyszłości — do celów komunalnych. Utrzymanie wysokiej jakości wód zbiornika, a szczególnie przeciwdziałanie szybkiej eutrofizacji, jest niezwykle ważne ze względu na możliwości i koszty stosowanych technologii uzdatniania wody do celów pitnych. Postępujący proces eutrofizacji stwarza bowiem groźbę pojawienia się zakwitów glonów, niezwykle uciążliwych dla zakładu uzdatniania.

Celem pracy była analiza wybranych elementów ekosystemu zbiornika, związanych ściśle z procesem eutrofizacji. Rozpatrywano cechy morfometryczne zbiornika, jakość wód oraz wielkość produkcji pierwotnej.

Teren i metody badań

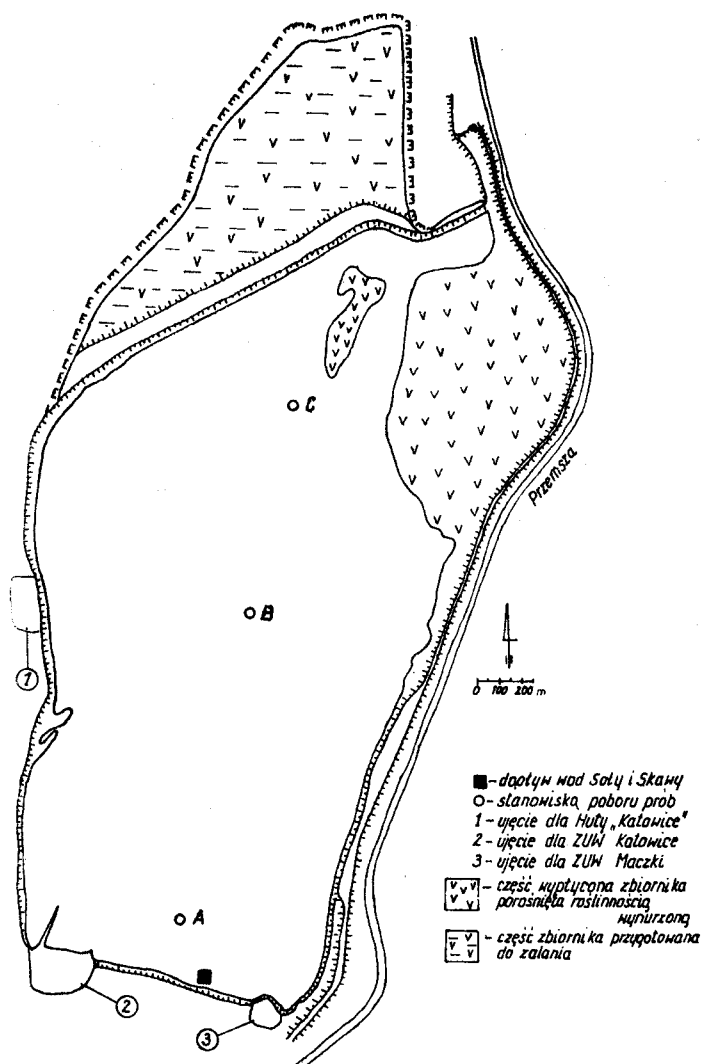
W okresie prowadzenia badań zbiornik miał kształt zwarty, zbliżony do trapezu (rys. 1). Przy napełnieniu do rzędnej 229,0 m jego pojemność wynosiła 13,2 mln m³, powierzchnia zalewu 463 ha, a średnia głębokość 2,5 m [2]. Niewielka głębokość powodowała, że w dużych partiach zbiornika cała warstwa wody wraz z dnem, udostępniona była promieniom słonecznym. Występowały zatem korzystne warunki do przebiegu procesu produkcji pierwotnej.

Zbiornik można określić jako polimiktyczny, brak w nim było stratyfikacji termicznej. W lecie stwierdzono szybkie nagrzewanie się całej warstwy wody aż do temperatury 24°C. Nie notowano pionowego zróżnicowania temperaturowego, z wyjątkiem upalnych dni, gdy w godzinach rannych w najgłębszej części zbiornika temperatura przy dnie była niższa o 0,5÷2,0°C [3].

Konfiguracja otaczającego terenu, a także cechy morfometryczne sprawiały, że w zbiorniku istniały warunki do całkowitego mieszania wody przez wiatr. Zbiornik Dzieckowice zaliczono do I grupy statyczności według klasyfikacji Patalasa [4]. W takim zbiorniku wodnym występują warunki do intensyw-

nego wykorzystania puli biogenów w procesach produkcji pierwotnej. Następuje także szybka mineralizacja materii organicznej i ponowne włączanie składników biogennych do łańcucha troficznego [4].

Badania prowadzono w okresie ciepłym (IV÷X) w latach 1984÷86 na trzech stanowiskach pomiarowych (A, B, C — rys. 1). Próbkę wody pobierano z warstwy powierzchniowej, a na stanowisku w części najgłębszej (południowej) także z warstwy przydennej. Dokonano 12 poborów próbek wody. Analizy fizyczno-chemiczne i bakteriologiczne wykonywano zgodnie z obowiązującymi normami. Metale ciężkie oznaczono metodą ASA przy użyciu spektrofotometru firmy Pye-Unicam. Analizy fitoplanktonu wykonano z materiału nieutrwalonego, po zagęszczeniu 1 dm³ wody przy użyciu aparatu filtracyjnego i wirowki. Biomassę fitoplanktonu obliczano na podsta-



Rys. 1. Zbiornik Dzieckowice w okresie prowadzenia badań.

wie wyników analizy ilościowej i pomiarów objętości poszczególnych gatunków. Przyjęto, że ciężar właściwy glonów wynosi $1,05 \text{ g/cm}^3$. Produkcja pierwotna fitoplanktonu badana była metodą tlenową. Jasne i ciemne butelki o pojemności 125 cm^3 napełniane były wodą ze zbiornika, a następnie umieszczane na 24 godz. w strefie przybrzeżnej na głębokości $0,7 \text{ m}$. Wartości produkcji pierwotnej, wyrażone w ilościach wytworzonego tlenu, przeliczane były na kalorie. Przyjęto, że produkcja pierwotna netto stanowi 80% produkcji pierwotnej brutto [5].

Jakość wody w zbiorniku Dzieckowice

W tabeli 1 zamieszczono zakresy stężeń oraz wartości średnie wskaźników fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych oznaczonych w próbkach wody pobranej w zbiorniku. Zwraca uwagę małe zróżnicowanie jakości wód w części południowej, środkowej i północnej zbiornika. Spostrzeżenie to potwierdza tezę o silnym mieszaniu wód zbiornika przez wiatr. Niewielki był także wpływ rzek zasilających na przestrzenne zróżnicowanie składu chemicznego wód w zbiorniku.

Odczyn wody był zasadowy ($\text{pH} = 7,7 \div 8,8$), przy czym jego najwyższe wartości, notowane w okresie zakwitów okrzemki *Asterionella formosa*, były skutkiem zużywania przez glony CO_2 , jak substratu w procesie fotosyntezy.

W całym zbiorniku panowały korzystne warunki tlenowe, bowiem zawartość tlenu rozpuszczonego wynosiła $8,4 \div 11,5 \text{ g O}_2/\text{m}^3$, wskazując na przewagę procesów produkcji nad biochemicznym utlenianiem. Stwierdzono ogólnie niewielki poziom zanieczyszczenia wód, charakteryzowany przez BZT₅ ($0,8 \div 3,7 \text{ g O}_2/\text{m}^3$) i utlenialność ($3,1 \div 6,8 \text{ g O}_2/\text{m}^3$).

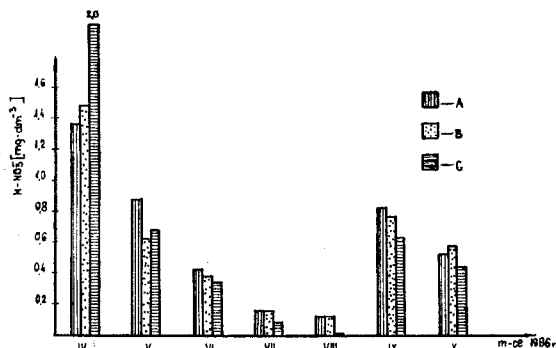
Zasobność wód zbiornika w składniki biogenne była zróżnicowana czasowo, nie stwierdzono zróżnicowania przestrzennego. W próbkach wiosennych notowano wysokie stężenia N-NO_3^- . W następnych miesiącach, w miarę wzrostu biomasy fitoplanktonu i roślinności naczyniowej, obserwowano wyraźną tendencję spadku stężeń N-NO_3^- (rys. 2). Stężenia N-NH_4^+ wykazywały w tym okresie znacznie mniejszy spadek (od $0,26$ do $0,12 \text{ g N/m}^3$). Średnia wartość $\text{N}_{\text{całk.}} = \text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^- + \text{N}_{\text{org.}}$ w zbiorniku wynosiła $2,7 \text{ g N/m}^3$, podczas gdy w Sole wynosiła $4,1 \text{ g N/m}^3$, a w Skawie $3,6 \text{ g N/m}^3$. Charakterystyczny był zupełny brak fosforanów w

okresie od kwietnia do października, podczas gdy w wodach rzek zasilających występował on wówczas w stężeniach $0,09 \div 0,12 \text{ gPO}_4^{3-}/\text{m}^3$. Powyższe dane wskazywały na zużywanie N i P przez organizmy roślinne rozwijające się w zbiorniku.

Tabela 1

Skład wody w badanych częściach zbiornika Dzieckowice (zakres/wartości średnie)

Parametry, jednostka	Część zbiornika		
	A	B	C
Temperatura °C	9—21	9—24	11—14
Barwa g Pt/m ³	11—37	10—35	9—35
	22	21	20
Mętność g/m ³	9—26	10—30	9—40
	19	19	23
pH	7,7—8,8	7,9—8,5	8,0—8,5
	8,0	8,2	8,2
Tlen rozp. g O ₂ /m ³	8,8—11,5	8,4—11,7	8,5—11,4
	9,0	8,8	8,9
Nas. tlenem %	58,1—129,2	61,9—122	61,6—120
	90,5	83,5	96,2
BZT ₅ g O ₂ /m ³	1,8—4,4	0,84—4,6	1,7—5,1
	2,8	2,7	3,1
Utlenialność g O ₂ /m ³	3,1—5,8	3,7—5,6	3,8—6,8
	4,6	4,3	5,1
Chlorki g Cl ⁻ /m ³	27,6—37,0	29,1—38,3	28,7—39,0
	33,0	33,0	35,0
Siarczany g SO ₄ ⁻ /m ³	43—78	48—79	43—76
	58	64	60
Fosforany g PO ₄ ⁻ /m ³	0,0—0,025	0,0—0,04	0,0—0,05
	0,011	0,022	0,016
Fosfor og. g PO ₄ ⁻ /m ³	0,07—0,78	0,05—1,0	0,05—1,42
	0,40	0,36	0,43
Sód g Na/m ³	14,0—15,0	12,0—16,0	12,0—16,0
	14,3	13,8	12,0
Potas g K/m ³	3,0—4,4	3,2—4,3	3,4—4,6
	3,9	3,8	3,9
Żelazo g Fe/m ³	0,05—0,58	0,07—0,7	0,18—0,77
	0,26	0,28	0,31
Mangan g Mn/m ³	0,0	0,0	0,0
Wapń g Ca/m ³	40—50	42—52	42—56
	44	47	50
Magnez g Mg/m ³	1,9—11,7	1,3—9,1	1,3—10,4
	6,8	5,9	5,6
Twardość og. °tw.	7,8—10,1	7,8—10,6	9,0—11,2
	9,2	9,5	9,9
Zasadowość val/m ³	1,4—1,9	1,5—1,9	1,6—1,9
	1,7	1,7	1,7
Azot amonowy g N/m ³	0,4—0,60	0,04—0,48	0,08—0,41
	0,20	0,22	0,20
Azot azotynowy g N/m ³	0,008—0,21	0,008—0,19	0,007—0,17
	0,13	0,11	0,09
Azot azotanowy g N/m ³	0,12—1,36	0,12—1,48	0,20—2,0
	0,56	0,43	0,50
Azot org. g N/m ³	1,5—3,0	1,1—1,8	0,8—2,4
	2,2	1,6	1,7
Ciała rozp. g/m ³	234—293	237—295	238—378
	261	263	279
Zawiesina og. g/m ³	1,6—20,4	4,4—14,0	3,2—65,2
	10,1	8,7	16,5
Fenole g/m ³	0,001—0,015	0,002—0,011	0,001—0,013
	0,007	0,005	0,006
Detergenty g/m ³	0,0—0,53	0,0—0,53	0,0—0,93
	0,17	0,19	0,25
Ekstr. eterowy g/m ³	7,6—45,0	5,0—38,0	2,6—25,2
	19,4	13,8	12,0
Cynk mg Zn/m ³	56—242	29—391	29—304
	134	130	120
Ołów mg Pb/m ³	0—100	0—86	14—200
	48	48	106
Miedź mg Cu/m ³	9—27	0—26	0—22
	14	11	11
Kadm mg Cd/m ³	0—11	0—8	0—8
	5	3	3
Liczba kolonii bakterii psychrofilnych w 1 cm ³	32—1000	42—750	32—500
Liczba kolonii bakterii mezofilnych w 1 cm ³	12—140	12—120	3—120
Miano coli typu kałowego	0,04—2	0,4—20	0,5—17

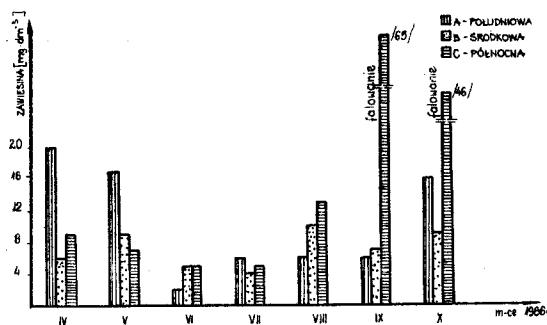


Rys. 2. Zmiany stężeń N-NO_3^- w okresie wegetacyjnym w wyróżnionych częściach zbiornika (A — południowa, B — środkowa, C — północna)

Spośród analizowanych składników biogenych niewielkie zróżnicowanie przestrzenne wykazywał $N-NO_2^-$. Największe jego ilości występowały w rejonie zasilania zbiornika. Potwierdzona została w ten sposób teza, że procesy utleniania zanieczyszczeń zawartych w ściekach z Oświęcimia, odbywają się w zbiorniku Dzieckowice [6].

Pewne zróżnicowanie przestrzenne wykazały wskaźniki stopnia mineralizacji wody: twardość ogólna i węglanowa, części rozpuszczone oraz wapń i magnez. Najniższe wartości stwierdzono przy dopływie wód Soły i Skawy, odznaczających się ogólnie niższym, w porównaniu ze zbiornikiem, zmineralizowaniem wód [7]. Prawidłowość tę notowano także w przypadku przewodnictwa elektrolitycznego i zasadowości, jednakże wartości tych wskaźników były zbliżone na trzech stanowiskach w zbiorniku.

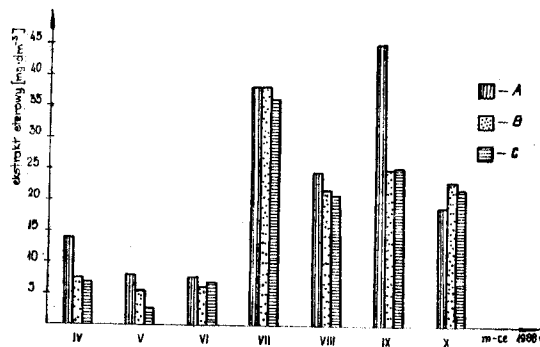
Zawiesina ogólna wykazywała zróżnicowanie przestrzenne oraz uzależniona była od warunków meteorologicznych. W okresie dość silnego falowania najwyższe wartości zawiesiny, notowane w północnej (najpłytszej) części zbiornika, spowodowane były resuspensją osadów dennych. W okresie bezwietrznym wyższe wartości zawiesiny obserwowano w części południowej w wyniku oddziaływania wód zasilających zbiornik (rys. 3). Średnia wartość zawiesiny w wodzie zbiornika wynosiła 12 g/m^3 , podczas gdy się w Sole wynosiła 25 g/m^3 , a w Skawie 70 g/m^3 . Można zatem wnioskować, że południowa część zbiornika funkcjonuje jako osadnik. Spostrzeżenie to znalazło potwierdzenie w pracy [9].



Rys. 3. Stężenia zawiesiny w wyróżnionych częściach zbiornika.

Fenole i detergenty występowały w wodzie w niewielkich ilościach, zaś stężenia metali ciężkich (Zn, Pb, Cu) z wyjątkiem kadmu, były wysokie. Na uwagę zasługuje zawartość ekstraktu eterowego. W okresie wiosennym jego stężenia były charakterystyczne dla wód o niewielkim stopniu zanieczyszczenia. Począwszy od lipca nastąpił silny wzrost, spowodowany prawdopodobnie obumieraniem glonów tworzących zakwit (rys. 4).

Zróżnicowanie przestrzenne jakości wód zbiornika, jakkolwiek niewielkie, ale najlepiej było obrazowane przez wskaźniki bakteriologiczne. Stwierdzono wyższy poziom zanieczyszczenia w rejonie zasilania (cz. południowa), w porównaniu z pozostałymi stanowiskami. W zbiorniku obserwowano zmniejszenie skażenia bakteriologicznego wód w stosunku do rzek zasilających [6].



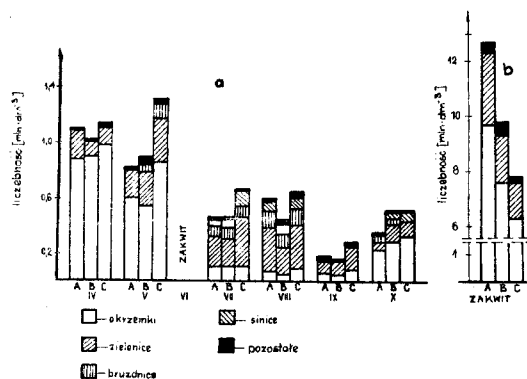
Rys. 4. Stężenia ekstraktu eterowego w wodzie zbiornika (A, B, C — jak na rys. 2)

Analiza porównawcza jakości wód w warstwach powierzchniowej i przydennej na stanowisku w najgłębszej części zbiornika, wykazała małe zróżnicowanie pionowe. W warstwie powierzchniowej stwierdzono nieco wyższe stężenia parametrów charakteryzujących procesy produkcji pierwotnej: tlen rozpuszczony, azot organiczny i ogólny. W warstwie przydennej podwyższone wartości BZT, wskazywały na intensywniejsze procesy biochemicznego utleniania.

Ocena produkcji pierwotnej

W fitoplanktonie zbiornika Dzieckowice na wiosnę i podczas jesieni dominowały okrzemki, zaś w lecie — zielenice i bruzdnice (rys. 5). Biomasa glonów wynosiła $0,9 \div 6,2 \text{ g/m}^3$. W czerwcu 1986 r. podczas zakwitu okrzemki *Asterionella formosa*, biomasa glonów osiągnęła wartość $29,7 \text{ g/m}^3$. Wg [10] w jeziorach mezotroficznych biomasa fitoplanktonu nie przekracza 10 g/m^3 . Zakwit *A. formosa* obserwowany był także w zbiorniku Dzieckowice podczas innych badań [11]. Powtarzające się zakwity świadczą o szybkim tempie eutrofizacji wód zbiornika. *Asterionella formosa* jest gatunkiem charakterystycznym dla wód eutroficznych, odznaczających się niewielkim stopniem zanieczyszczenia [12]. Zakwity *A. formosa* stwierdzono także w zbiornikach zaporowych na Sole w Tresnej i Porąbce w latach 1967 i 1969 [13, 14].

W okresie jesiennym w fitoplanktonie zbiornika obserwowano dominację *Dictyosphaerium pulchellum* i *Microcystis aeruginosa*. Są to gatunki kolonijne, tworzące zakwity. Spostrzeżenie to jest istotne ze



Rys. 5. Liczebność fitoplanktonu w zbiorniku: a — w okresie IV÷X.86; b — w okresie zakwitu (A, B, C — jak na rys. 2)

względem na przeznaczenie zbiornika Dzieckowice jako źródła wody pitnej. Jak wykazały badania, woda z zakwitami tych glonów jest szczególnie trudna do uzdatniania [15].

W okresie wegetacyjnym, od kwietnia do października 1986 r. produkcja pierwotna netto wynosiła 1796 kcal/m². W badaniach jezior i zbiorników zaporowych w ZSRR stwierdzono, że produkcja pierwotna netto zawierała się w granicach 36–1758 kcal/m² [16]. W jeziorach polskich wskaźnik ten wynosił 1435–2474 kcal/m² [5]. W obu cytowanych pracach wyższe wartości odpowiadały zbiornikom polimiktycznym o cechach eutrofii.

Badania prowadzone na obszarze jeziora Mikołajskiego wykazały, że średnia dobową produkcja fitoplanktonu wynosiła 2–18 kcal/m² [17]. W zbiorniku Dzieckowice wskaźnik ten miał wartość 8,4 kcal/m². Jezioro Mikołajskie wprowadza się korzystniejszymi cechami morfometrycznymi, ale stanowi odbiornik ścieków. Biomasa fitoplanktonu po obumarciu zakwitu *Astrionella formosa* zmniejszyła się o 20,5 g/m². Po przeliczeniu tej wartości na objętość wody w warstwie trofogenicznej stwierdzono, że świeża masa obumarłych glonów wynosiła około 700 t. W tej masie zawartość składników biogenych, wtórnie wzbogacających zbiornik, wynosiła około 4 t N i 0,18 t P. Biomasa roślinności naczyniowej, oszacowana w pracy [18], wynosiła 1,5 t/ha, co stanowi rocznie 195 t świeżej masy roślinnej w zbiorniku Dzieckowice. Z przeliczenia wynika, że pula biogenów, dostarczana do ekosystemu zbiornika po sezonie wegetacyjnym w wyniku obumierania części naziemnych roślin naczyniowych, wynosi 0,9 t N i 0,04 t P. W ten sposób następuje stałe wzbogacanie zbiornika w składniki biogenne.

W celu ochrony zbiornika przed przyspieszoną eutrofizacją korzystne byłoby zastosowanie metod biomanipulacji. Jedną z nich polegałaby na usuwaniu poza zbiornik części naziemnych roślinności naczyniowej w końcowym okresie sezonu wegetacyjnego, druga zaś na ograniczeniu liczebności fitoplanktonu poprzez zmiany strukturalne łańcucha troficznego.

Podsumowanie

Cechy morfometryczne zbiornika stwarzają korzystne warunki do wzmoczonego obiegu materii organicznej w ekosystemie. Uznano je za główny czynnik stymulujący przyspieszoną eutrofizację wód zbiornika. Dowodem na to są pojawiające się zakwity fitoplanktonu. W wyniku obumierania glonów (szczególnie po wystąpieniu zakwitu), jak również części naziemnych roślinności naczyniowej po sezonie wegetacyjnym, następuje cykliczne wzbogacanie ekosystemu w składniki biogenne, szybko włączane do łańcucha troficznego.

Niezbędne jest przeciwdziałanie szybko postępującej eutrofizacji wód zbiornika. Proponuje się następujące działania:

- poprawę gospodarki wodno-ściekowej w zlewniach rzek zasilających zbiornik, a szczególnie eliminację ścieków z Oświęcimia;
- zastosowanie elementów biomanipulacji, polegających na usuwaniu poza zbiornik części naziemnych roślinności naczyniowej po sezonie wegetacyjnym oraz wprowadzenie wyższej obsady ryb drapieżnych.

LITERATURA

1. K. STACHOWICZ, K. SŁYSZ: Koncepcja ochrony zbiornika Dzieckowice jako źródła wody pitnej dla GOP-u. Mat. XI konf. „Zagadnienia zaopatrzenia w wodę miast i wsi”. PZITS, Poznań 1988.
2. W. PIERZCHAŁA, J. MUKOID, W. KOCH: Budowa wodociągu Dzieckowice. Wybrane problemy i doświadczenia realizacyjne. Mat. konf. „Intensyfikacja zaopatrzenia w wodę miast i osiedli”. PZITS, Wisła 1985.
3. K. STACHOWICZ, M. CZERNOCH: Jakość wody w zbiorniku Dzieckowice. Stan aktualny i prognoza zmian. IGPiK, Kraków 1987.
4. K. PATAŁAS: Mieszanie wody jako czynnik określający krążenie materii w różnych morfologicznie jeziorach okolic Węgorzewa. Roczn. Nauk. Roln., B, 1960, 77, 223–242.
5. Z. KAJAK, A. HILLBRICHT-ILKOWSKA, E. PIECZYŃSKA: The production process in several Polish lakes. In: Z. Kajak, A. Hillbricht-Ilkowska [Eds]. Productivity problems of fresh waters. PWN, Warszawa—Kraków 1972, 363–381.
6. K. STACHOWICZ: Jakość wody dwóch rzek karpacczych: Soły i Skawy. Acta Hydrobiol. (w druku).
7. K. STACHOWICZ, M. CZERNOCH, J. DYMEK: Ocena wpływu zanieczyszczeń punktowych na jakość wody w dorzeczu Soły i Skawy. IKS, Kraków 1984 (maszynopis).
8. K. STACHOWICZ i in.: Jakość wód zasilających zbiornik Dzieckowice. IKS, Kraków 1985 (maszynopis).
9. P. HORODYSKI: Zbiornik wody w Dzieckowicach jako osadnik wstępny wody surowej. Ochrona Środowiska Nr 4(26), 1985, 31–34.
10. I. SPODNIIEWSKA: Phytoplankton as the indicator of lake eutrophication. II. Summer situation in 25 Mazurian Lakes in 1976. Ecol. Pol., 1979, 27, p. 481–496.
11. K. MIGAŁA i in.: Stan obecny oraz perspektywy rozwoju gospodarki wędkarsko-rybackiej w zbiorniku Dzieckowice. IKS, Wrocław 1985 (maszynopis).
12. I. SIEMIŃSKA: Bacillariophyceae — okrzemki. Flora słodkowodna Polski, VI. PWN, Warszawa 1964.
13. M. BOMBOWNA, H. BUCKA: Some carpathian reservoirs and their production relations. Acta Hydrobiol., 1974, 16, p. 379–400.
14. K. KYSELOWA, Ł. KRZECZKOWSKA-WOŁOSZYN: Algae of dam reservoirs in the Soła cascade and neighbouring of the river. Acta Hydrobiol., 1974, 16, p. 401–416.
15. K. STACHOWICZ, M. CZERNOCH: Próba ustalenia związku między morfologią glonów a ich podatnością na koagulację. GWiTS, 1982, 56, s. 84–86.
16. G. G. WINBERG: Some interim results of soviet IBP investigations on lakes. In: Z. Kajak, A. Hillbricht-Ilkowska [eds]. Productivity problems of fresh waters. PWN, Warszawa—Kraków 1972, p. 363–382.
17. I. SPODNIIEWSKA, E. PIECZYŃSKA, A. KOWALCZEWSKI: Ecosystem of the Mikołajskie Lake, primary production. Pol. Arch. Hydrobiol., 1975, 22, s. 17–37.
18. I. GOŁDYŃIA: Zwalczanie zarastania zbiornika wodnego Huty Katowice w Dzieckowicach. AR w Krakowie, 1981 (maszynopis).

WATER QUALITY AND PRIMARY PRODUCTION IN THE DZIECKOWICE RESERVOIR

Analyzed are certain elements of the ecosystem, associated with the eutrophication process. Water quality analysis has led to the following findings: the pollution level is very low, the chemical composition of the water displays insignificant spatial differentiation, and the exhaustion of biogens is intensive, specifically during diatoms bloom. The primary production value is comparatively high, similar to that of a polymictic reservoir with advanced eutrophication. As a consequence of algae and on-ground vascular vegetation decay, there was a nitrogen- and phosphorus introduction to the ecosystem (to 4.9 t and 0.22 t, respectively).