

Małgorzata Schmager

WŁAŚCIWOŚCI WODY W PRZEKROJACH PIONOWYCH ZBIORNIKA ZAPOROWEGO DOBCZYCE PRZY UJĘCIU WIEŻOWYM DLA KRAKOWA

Zbiornik zaporowy na Rabie w Dobczycach został napełniony w 1986 r. Zlewnia Raby do zapory w Dobczycach posiada charakter rolniczo-rekreacyjny. W omawianej części zlewni przeważają użytki rolne (53,70%), lasy zajmują 44,70%, a na zwartą zabudowę miejsko-przemysłową przypada tylko 1,60% powierzchni zlewni. Głównymi czynnikami wpływającymi na jakość wody w górnym i środkowym biegu rzeki są zanieczyszczenia obszarowe, rozproszone, pasmowe oraz wody opadowe i ścieki z Rabki, Mszany Dolnej i Myślenic.

Podstawowym zadaniem zbiornika dobczyckiego jest retencja wody dla wodociągu „Raba”, głównego źródła wody pitnej dla aglomeracji krakowskiej. W związku z tym cały zbiornik został objęty ochroną sanitarną, wykluczającą jego wykorzystywanie do celów rekreacyjnych. Podstawowe dane dotyczące koncepcji zbiornika w Dobczycach, zapory, hydrologii i reguł gospodarowania zmagazynowaną wodą przedstawione są w pracy [1].

Metodyka badań

Próby do analiz fizyczno-chemicznych, bakteriologicznych i hydrobiologicznych pobierano w okresie od kwietnia do listopada 1988 r. Raz w miesiącu wykonywano dwie serie badań w ciągu doby: w dzień, pomiędzy godz. 12.00 a 14.00 i w nocy w godz. 23.00÷1.00. Wodę do analiz pobierano bezpośrednio z Raby (około 1 km poniżej punktu zrzutu ścieków z oczyszczalni w Myślenicach) oraz ze zbiornika Dobczyce przy ujęciu wody dla Krakowa w czterech przekrojach pionowych: I — ok. 20 cm poniżej lustra wody, II — na poziomie drugiego okna wlotowego (8÷9 m od dna), III — na poziomie trzeciego okna wlotowego (4÷5 m od dna), IV — ok. 1 m od dna zbiornika.

Podczas prowadzenia badań poziom wody utrzymywał się na wysokości pierwszego, wyłączanego z eksploatacji, okna wlotowego (głębokość wody 13÷14 m), a wodociąg ujmował wodę trzecim oknem. Wodę do analiz z Raby pobierano bezpośrednio z nurtu do butelek, natomiast wodę ze zbiornika pobierano batometrem Nansena [2]. Analizy fizyczno-chemiczne i bakteriologiczne wykonywano zgodnie z PN. Materiał do badań hydrobiologicznych przygotowywano w następujący sposób:

Fitoplankton: pobierano 1,5 dm³ wody; 100 cm³ odwirowywano i przeglądano „na żywo”, a 1 dm³ utrwalano płynem Lugola i pozostawiano co najmniej przez tydzień w celu sedimentacji sestonu. Następ-

nie odcinano wodę pipetą zabezpieczoną gazą młynarską nr 10. Dalsze zagęszczanie prób uzyskiwano poprzez wirowanie. Glony oznaczano, mierzono i liczone w komorze Kolkwitza o poj. 0,5 cm³. „Mokrą” biomasę glonów obliczano jako iloczyn liczebności i objętości okazów. W przypadku okrzemek biomasę mnożono przez 2, biorąc pod uwagę większy ciężar krzemionkowych pancerzyków.

Zooplankton: pobierano 5 dm³ wody i cedzono ją przez siatkę planktonową nr 25. Tak zagęszczony materiał do badań utrwalano 4% formaliną. „Mokrą” biomasę zooplanktonu obliczano mnożąc liczebność organizmów w 1 dm³ wody przez ich ciężar.

Ocena jakości wody

Rzekę zasilającą zbiornik (Raba poniżej oczyszczalni ścieków w Myślenicach) zaliczono do wód ponadnormatywnie zanieczyszczonych, z uwagi na przekroczenie dopuszczalnych wartości fosforanów, ołowiu i miana coli typu kałowego [3]. W wielkościach dopuszczalnych dla wód powierzchniowych III klasy czystości mieściły się BZT₅, fenole i cynk, natomiast pozostałe wskaźniki jakościowe mieściły się w zakresie charakterystycznym dla wód czystych i nieznacznie zanieczyszczonych.

Z uwagi na charakter zbiorników zaporowych, które są biotopem pośrednim pomiędzy rzeką a jeziorem, ocenę jakości wody wykonano dwiema metodami: stosowaną dla rzek [3] i dla jezior [4]. Ocena wykonana w sposób analogiczny jak dla Raby wykazała, że zbiornik można zaliczyć do wód ponadnormatywnie zanieczyszczonych z uwagi na wysokie stężenia ołowiu i cynku oraz wartość miana coli typu kałowego. Należy jednak zwrócić uwagę, że większość oznaczeń mieściła się w zakresie dopuszczalnym dla wód II klasy czystości.

Klasyfikacja jakości wód wykonana według systemu oceny jezior wykazała, że zbiornik w Dobczycach należy zaliczyć do III klasy wód jeziornych z ograniczeniem zawartości związków azotu. We wszystkich badanych terminach i przekrojach stężenia azotu mineralnego i całkowitego przekraczały wielkości dopuszczalne dla jezior [4]. Skład jakościowy i biomasę fitoplanktonu klasyfikowały zbiornik do wód mezo-eutroficznych [5], a zooplanktonu do eutroficznych [6].

Procent redukcji lub wzrostu zanieczyszczenia wód zbiornika obliczono w odniesieniu do właściwości wód Raby. Stwierdzono, że poprawie uległy następujące wskaźniki: barwa, mętność, BZT₅, ChZT, chlorki, fosforany (o 96÷99%), azot amonowy

(o 91÷96%), azot azotynowy i organiczny, żelazo, twardość ogólna, sucha pozostałość, zawiesina i właściwości bakteriologiczne (o 88÷99,9%). Korzystne zmiany w jakości wody były spowodowane procesami samooczyszczania. Bardzo dobra redukcja stężeń fosforanów i azotu amonowego była również związana z pobieraniem pierwiastków biogennych przez masowo rozwijający się w wodach zbiornika plankton.

Wyniki badań wykazały, że w zbiorniku przy ujęciu wieżowym występowały również niekorzystne zmiany we właściwościach wody. Stwierdzono obniżenie się ilości rozpuszczonego tlenu (do 18‰ w powierzchniowej i 39‰ w przydennej warstwie wody). Obserwowano wzrost pH wody i twardości niewęglanowej (do 70‰), związany z procesami asymilacji masowo rozwijającego się fitoplanktonu. Na wyraźne pogorszenie jakości wody w zbiorniku wskazywał wzrost stężeń ołowiu (do 55‰) i cynku (do 46‰). Ponadto wody zbiornika zawierały nieco więcej siarczanów (ok. 11‰). Wzrost zanieczyszczenia zbiornika metalami ciężkimi i związkami siarki był spowodowany opadami z atmosfery i zanieczyszczeniami pasmowymi [7]. Całkowicie zmienił się skład jakościowy i ilościowy biocenoz. Liczebność glonów wzrosła przeszło 20-krotnie oraz pojawiły się duże ilości zooplanktonu.

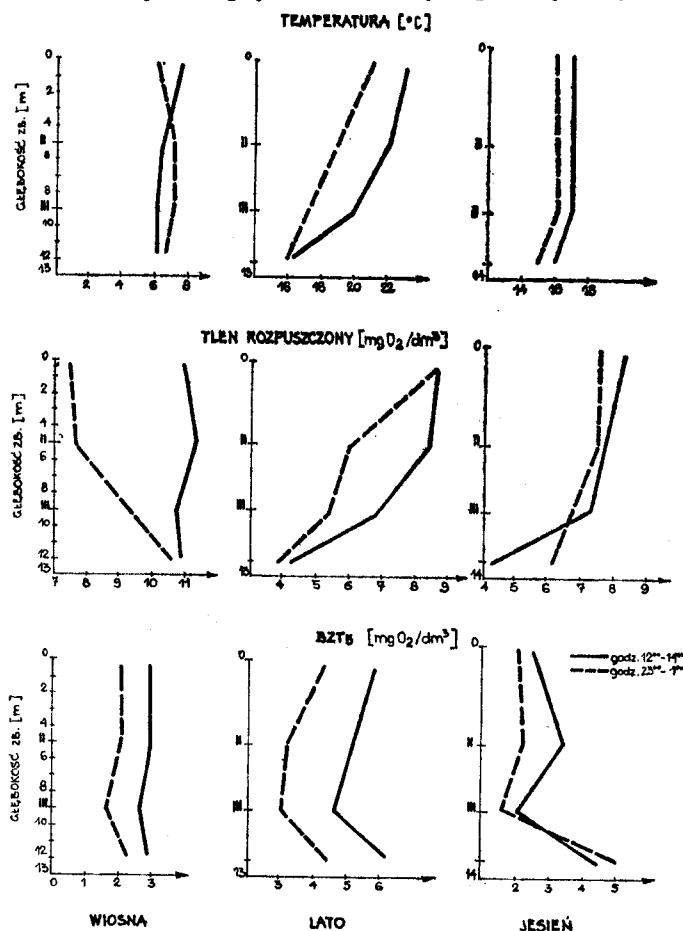
Jakość wody w przekrojach pionowych zbiornika

Uzyskane podczas badań wyniki wykazały, że sezonowym zmianom ulegały następujące właściwości wody: temperatura, tlen rozpuszczony i BZT₅ (rys. 1). Stężenia pozostałych parametrów chemicznych nie wykazywały zmian sezonowych i dlatego za wartości charakterystyczne uznano wyniki średnie. Zawartość pierwiastków biogennych zmieniała się wraz z głębokością wody. W próbach pobranych w dzień stężenia fosforanów były niższe w fotycznej warstwie wody, natomiast w warstwie przydennej zawartość fosforanów i azotu amonowego wzrastała. Przy powierzchni zbiornika nie stwierdzono obecności wolnego dwutlenku węgla, okresowo pojawiał się on na poziomie drugiego i trzeciego okna wlotowego, a z reguły w wodzie przydennej. W związku z tym obserwowano nieznaczne obniżenie pH (o 0,1÷0,3) wraz ze wzrostem głębokości wody. W przydennej warstwie okresowo występował wzrost zawartości żelaza (rys. 2). W wodzie powierzchniowej nie stwierdzono obecności manganu, lecz począwszy od poziomu drugiego okna wlotowego jego stężenie wzrastało i woda przydenna zawierała znaczne ilości tego pierwiastka. Zawartość zawiesiny była z reguły stała, tylko w próbie kwietniowej najwięcej zawiesiny stwierdzono na poziomie trzeciego okna wlotowego.

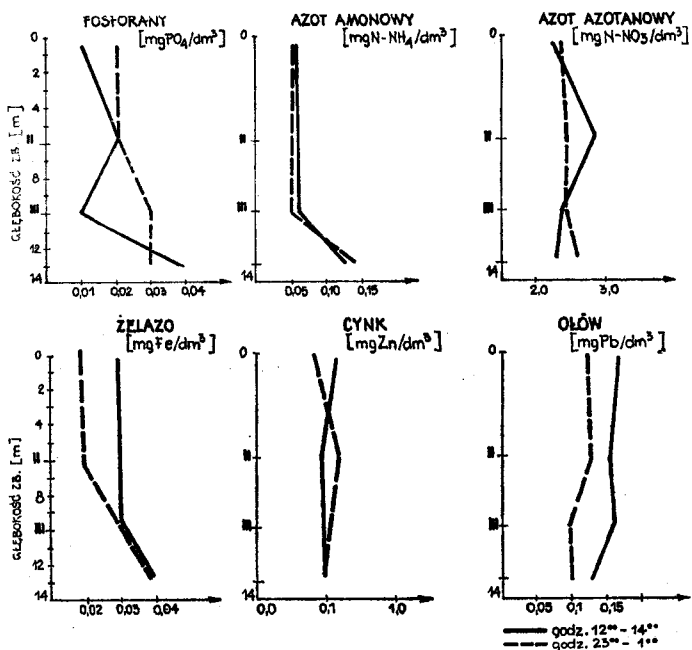
Większość badanych właściwości fizyczno-chemicznych nie uległa wyraźnym lub ukierunkowanym zmianom. Na rysunku 2 przedstawiono jako przykłady małego zróżnicowania wyników stężenia azotu azotanowego, cynku i ołowiu w przekrojach pionowych zbiornika.

Wyniki analiz bakteriologicznych wskazywały na występowanie dużych wahań w liczebności kolonii

bakterii heterotroficznych, uniemożliwiających jednoznacznie interpretację danych. W miesiącach ciepłych (VI÷IX) wody zbiornika były wyraźniej zanieczyszczone pod względem bakteriologicznym niż w pozostałych terminach badań. Zarówno bakterie mezofilne jak i psychrofilne występowały najlicz-



Rys. 1. Sezonowe zmiany właściwości wody w przekrojach pionowych zbiornika

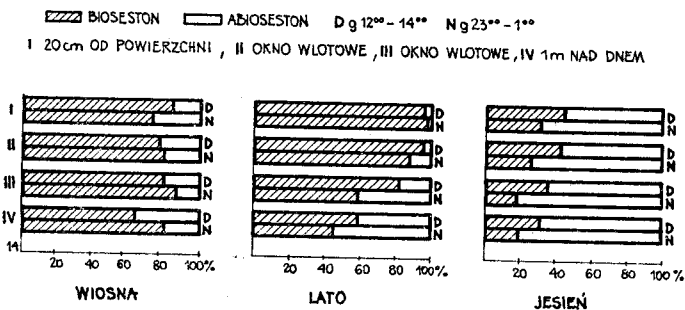


Rys. 2. Wybrane właściwości chemiczne wody w przekrojach pionowych zbiornika (wartości średnie z okresu IV÷XI 1988 r.)

niej w głębszych warstwach wody. Stan sanitarny (miano coli typu kałowego) powierzchniowej warstwy wody zbiornika był niezadowalający. Największe zanieczyszczenie wody bakteriami z grupy *Escherichia coli* (miano coli = 0,004) stwierdzono w czerwcu i lipcu 1988 r. Na poziomie obydwu okien wlotowych wartości miana coli wahały się w zakresie $20 \div 0,4$, a więc w porównaniu do jakości wody przy powierzchni ulegały zdecydowanej poprawie. W wodzie przy dnie zbiornika wielkości miana coli ponownie wzrastały.

Skład i rozmieszczenie pionowe sestonu

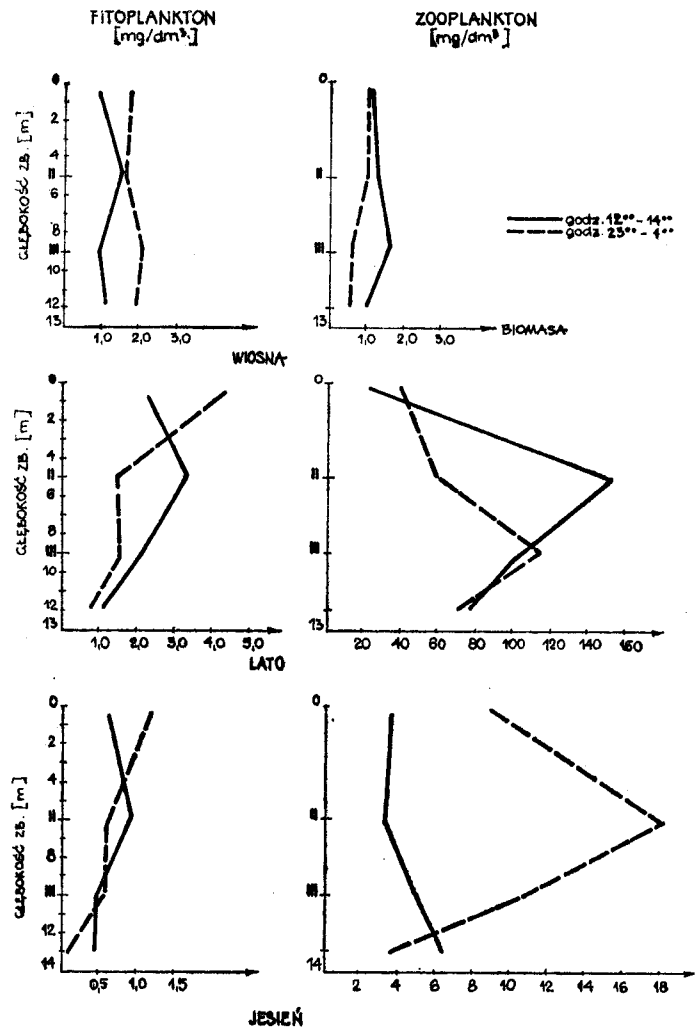
Abioseston (mineralne i martwe cząstki unoszące się w wodzie) składał się głównie ze skupisk ilasto-mulistych, drobnych ziarenek kwarcu oraz detritusu (fragmentów roślinności wyższej, częściowo rozłożonych glonów i organizmów zwierzęcych). Głównym składnikiem biosestonu były glony, których udziały procentowe wynosiły $66 \div 98\%$ oraz organizmy zwierzęce. W okresie wiosennym i letnim w całej warstwie wody przy ujęciu wieżowym dominował bioseston, stanowiąc od 64 do 96% całości zawiesiny. Natomiast w jesieni (X–XI) przeważał abioseston ($60 \div 80\%$), składający się głównie z cząstek ilasto-mulistych (rys. 3). W przekrojach pionowych zbiornika obserwowano stałą tendencję do zmniejszania się udziałów procentowych biosestonu wraz ze wzrostem głębokości wody (rys. 3).



Rys. 3. Udziały procentowe bio- i abiosestonu w badanych warstwach wody

Skład i rozmieszczenie pionowe planktonu

Fitoplankton. W zbiorniku dobczyckim obserwowano sezonową zmienność składu gatunkowego fitoplanktonu zgodną z opisywanymi prawidłowościami rozwoju poszczególnych taksonów w jeziorach i zbiornikach zaporowych [5, 8]. Wiosną stwierdzono występowanie zakwitów okrzemkowych (*Asterionella formosa* Hass. — kwiecień, *Synedra acus* Kütz. — maj). W czerwcu liczebność glonów zmniejszyła się, a dominację przejęły zielenice z rzędu *Chlorococcales* (z przewagą gatunków z rodzaju *Pediastrum*) i *Volvoales*. W lipcu ponownie wystąpił zakwit okrzemkowy (*Fragilaria crotonensis* Kitt. i *Asterionella formosa* Hass). Wymienionym gatunkom okrzemek towarzyszyły liczne taksony drobnych zielenic z rzędu *Chlorococcales*. Począwszy od sierpnia w wodach zbiornika najliczniej występowały nannoplanktonowe zielenice, które maksimum liczebności osiągnęły we wrześniu. W próbach pobranych na wiosnę



Rys. 4. Biomasy fito- i zooplanktonu w przekrojach pionowych zbiornika

i w lecie liczebność glonów była duża: od 800 (VI) do 12 350 (IX) osobników w 1 cm³ wody. Pomimo dużej ilości glonów ich biomasy były małe, rzędu kilku g/m³ (rys. 4), z uwagi na dominację okazów o niewielkiej objętości — „igiełkowatych” okrzemek i nannoplanktonowych zielenic. Biomasy glonów w próbach pobieranych w dzień były największe w warstwie wody na poziomie drugiego okna wlotowego, a w nocy przy powierzchni zbiornika (rys. 4).

Zooplankton. W większości serii badań pod względem ilościowym dominowały wrotki, w maju *Keratella cochlearis* (Gosse), w lipcu *Polyarthra vulgaris* Garlin, a w okresie od sierpnia do listopada ponownie *Keratella cochlearis*. W próbach z kwietnia w wodach zbiornika najliczniej występowały orzęski i bezbarwne wiciowce oraz bezpancerzykowe wrotki. W czerwcu dominację przejęły oczliki (*Cyclopoida*) i wioślarki, wśród których najczęściej występowała *Bosmina longirostris* (O. F. Müller). Pomimo przewagi liczebności wrotków ich udział w wielkości biomasy zooplanktonu był nieznaczny. Decydujący wpływ na wielkość biomasy posiadały oczliki i wioślarki, co było zgodne z danymi literaturowymi [6]. W okresie letnim biomasy zooplanktonu były bardzo duże (dochodzące do 155 g/m³), z uwagi na liczne występowanie oczlików i ich stadiów rozwojo-

wych (*Nauplius*, *Copepodit*) oraz wioślarek (wśród których przeważały *Bosmina longiristis* O.F. Müller i *Daphnia cucullata* G. O. Gars). W zbiorniku przy ujęciu wieżowym obserwowano znaczne wahania wielkości biomasy zooplanktonu, zarówno w przekrojach pionowych jak i pomiędzy próbkami pobranymi w dzień i w nocy (rys. 4). Pozostawało to w związku z wędrówkami organizmów planktonowych w cyklu dobowym [9]. Największe liczebności zooplanktonu stwierdzono na poziomie drugiego, rzadziej trzeciego okna wlotowego (rys. 4). Jesienią znacznie większe ilości organizmów zwierzęcych występowały w próbkach wody pobranych w nocy. Przypuszcza się, że było to związane z wędrówką zooplanktonu do oświetlonego reflektorami ujęcia wody.

Wyniki badań hydrobiologicznych wykazały, że w okresie od kwietnia do września głównym składnikiem zawiesiny wód zbiornika był plankton. Ilość glonów była zdecydowanie większa od liczebności zooplanktonu, natomiast pod względem wielkości biomasy dominował plankton zwierzęcy. Skład jakościowy wskazywał na znaczną przewagę gatunków odżywiających się odfiltrowanymi z wody glonami. Masowy rozwój „filtratów” stanowił czynnik ograniczający dla rozwoju fitoplanktonu w zbiorniku dobowym.

Przedstawione dane wskazują, że w okresie wiosennym i letnim podstawowym problemem technologicznym wodociągu „Raba” było usuwanie z wody masowo rozwijającego się planktonu. Obliczono, że przy średnim poborze wody ok. 150 tys. m³/d do stacji uzdatniania wprowadzane były ładunki: fitoplanktonu 4,5 (XI) ÷ 679 (V), średnio 207 kg/d; zooplanktonu 100 (IV) ÷ 16 260 (VII), średnio 4 268 kg/d. Podane wartości dotyczą tzw. „mokrej” biomasy planktonu, wraz z wodą stanowiącą od 84 do 95% jego wagi [10], co po przeliczeniu na „suchą” biomase w przybliżeniu daje dla fitoplanktonu 0,5 ÷ 68 kg/d, średnio 21 kg/d, a dla zooplanktonu 11 ÷ 1700 kg/d, średnio 430 kg/d. Przedstawione obliczenia obrazują jak poważnym problemem technologicznym jest uzdatnianie wody zawierającej duże ilości biosestonu.

Wnioski

1. Przeprowadzone badania wykazały, że podstawowym zagrożeniem dla jakości wody pitnej był masowy rozwój planktonu i wzrost zanieczyszczenia wód zbiornika Dobczyce ołowiem i cynkiem.

2. Główną przyczyną masowego rozwoju fito- i zooplanktonu było zasilanie zbiornika wodami Raby ponadnormatywnie obciążonymi fosforanami. Wzrost zanieczyszczenia wód zbiornika metalami ciężkimi był spowodowany opadami atmosferycznymi i spływami powierzchniowymi.

3. Uzyskane na podstawie niniejszych badań wyniki nie pozwalają na jednoznaczne wytypowanie poziomu ujmowania wody o najkorzystniejszych właściwościach fizyczno-chemicznych i biologicznych. Najmniejsze wahania jakościowe występowały na poziomie drugiego okna wlotowego i dlatego na wiosnę i w jesieni zaleca się ujmowanie tej warstwy wody. Natomiast w okresie letnim warunki termiczne i biomasy planktonu przemawiają za pobieraniem wody trzecim oknem wlotowym.

LITERATURA

1. „Gospodarka Wodna”: 1988, 11.
2. W. J. ZADIN: Metody badań hydrobiologicznych. PWN, Warszawa 1966.
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 29 listopada 1975 r. w sprawie klasyfikacji wód, warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki, oraz kar pieniężnych za naruszenie tych warunków (Dz. U. nr 41, poz. 214).
4. D. CYDZIK, D. KUDELSKA, H. SOSZKA: System oceny jakości jezior i jego wdrażanie przez terenowe służby ochrony środowiska. Monitoring Ekosystemów Jeziornych. Ossolineum 1986, 11—21.
5. J. SPODNIIEWSKA: Phytoplankton as the indicator of lake eutrophication. Ekologia Polska, 1979, 27, 481—496.
6. A. KARABIN: Ecological characteristics of lakes in north-eastern Poland versus their trophic gradient. Ekologia Polska, 1983, 31. 383—409.
7. K. SŁYSZ, I. SKOCZEŃ: Wpływ wód opadowych na jakość wody ujmowanej dla celów pitnych z rzek Rudawy i Raby. IGPIK O/Kraków, 1986 (maszynopis).
8. K. STARMACH, S. WRÓBEL, K. PASTERNAK: Hydrobiologia. PWN, Warszawa 1976.
9. J. MIKULSKI: Biologia wód śródlądowych. PWN, Warszawa 1974.
10. M. J. DUMONT, J. VAN DE VELDE, S. DUMONT: The Dry Weight Estimate of Biomass in a Selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the Plankton, Periphyton and Benthos of Continental Waters. Oecologia (Berl), 1975, 19. 95—97.

WATER QUALITY IN THE VERTICAL SECTIONS OF THE DOBCZYCE RESERVOIR

The physicochemical and biological properties of the Raba River (which streams to the Dobczyce Reservoir) and the water quality of four vertical sections in the Dobczyce Lake were investigated. The Raba was found to carry very high concentrations of nutrients, thus intensifying phyto- and zooplankton growth. In the time span of April

to September 1988, only plankton was responsible for the turbidity of the inflow to the water treatment plant. Water quality analysis in four vertical sections corroborated the assumption of a similar water quality for the entire layer in the reservoir. Water temperature, dissolved oxygen, and BOD₅ followed a seasonal pattern. Dissolved carbon dioxide, pH, nutrient concentrations, as well as iron and manganese content showed a similar pattern of variations with depth.