

Multimetryczny wskaźnik okrzemkowy (IO) przedstawił także zmianę stanu rzeki Raby w ciągu ostatnich 30 lat. Dla roku 1983 wskaźnik określił stan czystości rzeki jako umiarkowany (III klasa jakości wód), natomiast dla 2014 roku wskazywał na dobry stan jakości wód (II klasa jakości wód) (Tabela III).

Stwierdzona w ten sposób poprawa jakości wody w Rabie poniżej Zbiornika Dobczyckiego jest związana przede wszystkim z procesami cywilizacyjnymi, które zaszły w ciągu ostatnich 30 lat na obszarze nie tylko samej zlewni zbiornika, ale także w skali kraju. Nastąpił spadek poziomu zanieczyszczenia wód powierzchniowych nawozami sztucznymi i ściekami komunalnymi. Realizacja Ramowej Dyrektywy Wodnej oraz Dyrektywy Azotanowej UE doprowadziły także do zmniejszenia zanieczyszczenia wód, co ma swoje odbicie w długoterminowych zmianach struktury zespołów organizmów wodnych. Podsumowując, można stwierdzić że po 30 latach funkcjonowania Zbiornika Dobczyckiego na odcinku Raby poniżej zapory poprawił się stan jakości wód oraz różnorodność zbiorowisk okrzemkowych wzrosła. Liczebność *Navicula lanceolata* i *N. gregaria* i innych gatunków odpornych na zanieczyszczenie wody zdecydowanie zmalała.

9.5. Zooplankton

Zooplankton to niewielkie organizmy zwierzęce występujące zazwyczaj masowo, zamieszkujące różnego rodzaju zbiorniki zarówno słodko- jak i słonowodne.

Plankton unosząc się w toni wodnej nie przeciwstawia się prądom wody. Nazwa tych organizmów pochodzi z języka greckiego – *Planktós* – co oznacza „błąkający się”.

W jego skład wchodzi przedstawiciele wielu grup zwierząt bezkręgowych, do najczęściej badanych należą wrotki, wioślarki i widłonogi. Skład jakościowy i ilościowy zooplanktonu zależy od czynników fizykochemicznych środowiska takich jak np. temperatura, koncentracja tlenu w wodzie, dostępność pokarmu oraz presja drapieżników (Fleituch, Pociecha 2000). Zooplankton pełni ważną rolę w funkcjonowaniu ekosystemów wodnych, jest składnikiem wielu sieci troficznych. Odżywia

się fitoplanktonem i bakterioplanktonem, regulując liczebność tych grup, jednocześnie jest bazą pokarmową dla ryb planktonożernych i narybku większości gatunków ryb słodkowodnych (Amirowicz, Pociecha, Wilk-Woźniak 2000).

Badania zooplanktonu w zbiorniku były prowadzone od jego powstania (Ryc. 19). Zasadniczym celem tych badań jest charakterystyka zespołu zooplanktonu: określenie składu taksonomicznego, zagęszczenia oraz suchej masy, jak również określenie struktury troficznej będącej odzwierciedleniem funkcjonowania ekosystemu zbiornika zaporowego.

Na przestrzeni wielolecia w zbiorniku Dobczyckim badania zooplanktonu koncentrowały się na 3 grupach zagadnień takich jak:

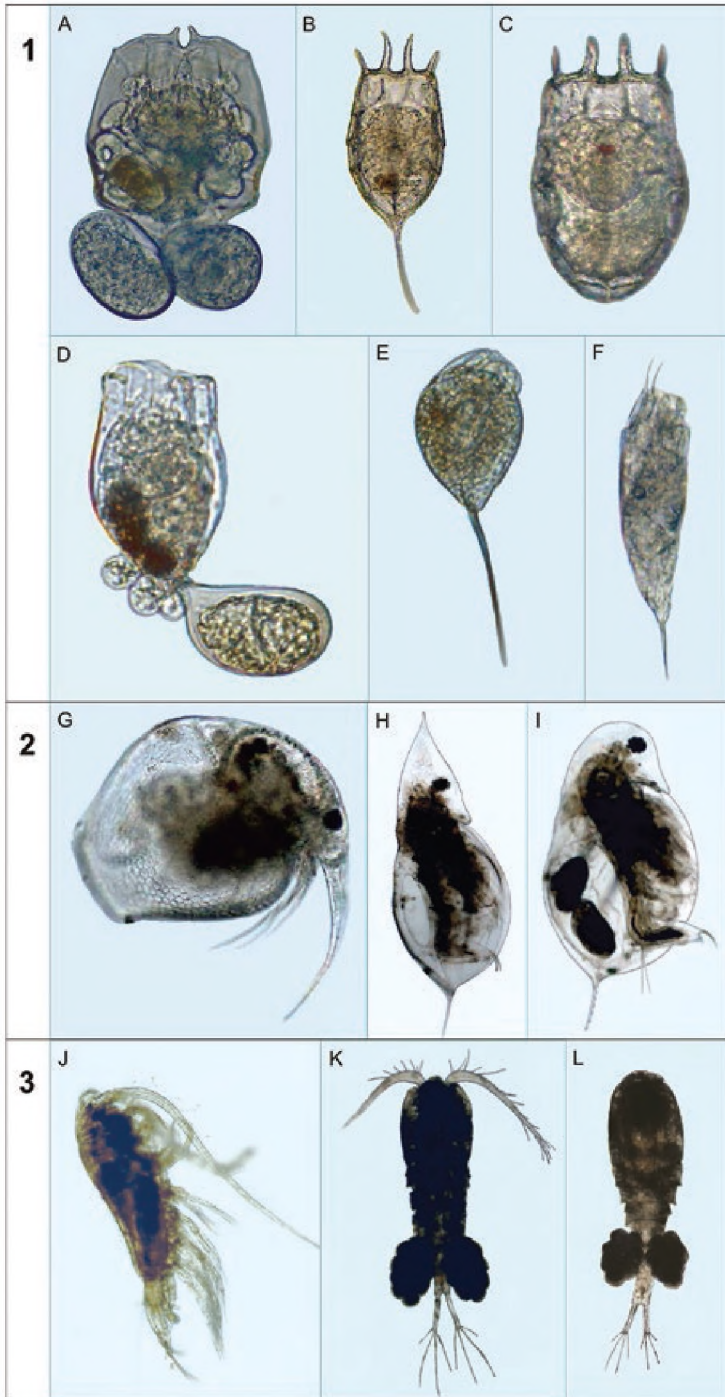
- określenie wpływu i znaczenia czynników abiotycznych (np. temperatura, stratyfikacja, tlen, zawiesina) i biotycznych (pokarm, drapieżnictwo) na zespoły zooplanktonu pelagicznego (Amirowicz, Pociecha, Wilk-Woźniak 2000; Pociecha 2002; Pociecha, Amirowicz 2003; Pociecha, Wilk-Woźniak 2005; Pociecha, Wilk-Woźniak 2007; Wilk-Woźniak, Pociecha A. 2007; Pociecha, Wilk-Woźniak 2008);
- pionowe migracje wioślarek z rodzaju *Daphnia* w zależności od wpływających na nie czynników abiotycznych i biotycznych (Pociecha 2002);
- wpływ zaburzeń ekosystemu zbiornika na biocenozy planktonowe np: zbadanie wpływu przejścia fali powodziowej na ekosystem Zbiornika Dobczyckiego, m. in. na strukturę gatunkową zooplanktonu i proces kształtowania się jej na nowo (Pociecha, Wilk-Woźniak 2000; Godlewska i in. 2003); prześledzenie strategii życiowych i dynamiki zagęszczenia wybranych gatunków zooplanktonu w okresach wysokich i niskich stanów wód (Pociecha, Wilk-Woźniak 2006).

9.5.1. Struktura zespołów zooplanktonu na przestrzeni lat

W pelagialu (punkt monitoringowy) zbiornika Dobczyckiego (Ryc. 1) w badanych latach (1986-2015) stwierdzono ogółem występowanie 72 taksonów zooplanktonu należących do trzech grup systematycz-

Rok	Zbiorowisko	TI	SI	GR	IO	Ocena jakości wody	Klasa czystości wody
1983	peryfiton	3,034	2,080	0,443	0,443	umiarkowany	III
2014	peryfiton	2,111	1,876	0,812	0,665	dobry	II
2014	epiliton	2,083	1,733	0,703	0,647	dobry	II

Tabela III. Wartości wskaźników okrzemkowych użytych do oceny jakości wody Raby poniżej Zbiornika Dobczyckiego (TI – wskaźnik trofii, SI – wskaźnik saprobowości, GR – wskaźnik liczebności gatunków referencyjnych, IO – multimetryczny wskaźnik okrzemkowy)



Ryc. 19. Zooplankton Zbiornika Dobczyckiego (1-Wrotki: A- *Brachionus angularis*; B- *Keratella cochlearis*; C- *Keratella tecta*; D- *Anuraeopsis fissa*; E- *Trichocerca pusilla*; F- *Trichocerca similis*; 2-Wioślarki: G- *Bosmina longirostris*; H- *Daphnia cucullata*; I- *Daphnia longispina*; 3-Widłonogi: J- *Eudiaptomus gracilis*; K- *Cyclops strenuus*; L- *Cyclops vicinus*) – Fot. A. Pociecha

nych. Najliczniej reprezentowaną grupą były wrotki (Rotifera) w liczbie 45 taksonów, następnie wioślarki (Cladocera) – 13 taksonów oraz widłonogi (Copepoda) – 9 taksonów. W roku 2012 odnotowano największą liczbę taksonów - 45, a najmniejszą 17 – w roku 1991 (Ryc. 20). W całym okresie badań dominowały wrotki z rodzaju: *Keratella*, *Polyarthra*, *Synchaeta* i *Trichocerca*, z wioślarek przeważali przedstawiciele z rodzaju: *Bosmina* i *Daphnia*, a z widłonogów gatunki należące do rodzaju *Cyclops* i *Eudiaptomus*.

Skład taksonomiczny trzech grup zooplanktonu Zbiornika Dobczyckiego: wrotki (Rotifera), wioślarki (Cladocera) i widłonogi (Copepoda) – przedstawiono poniżej:

Rotifera:

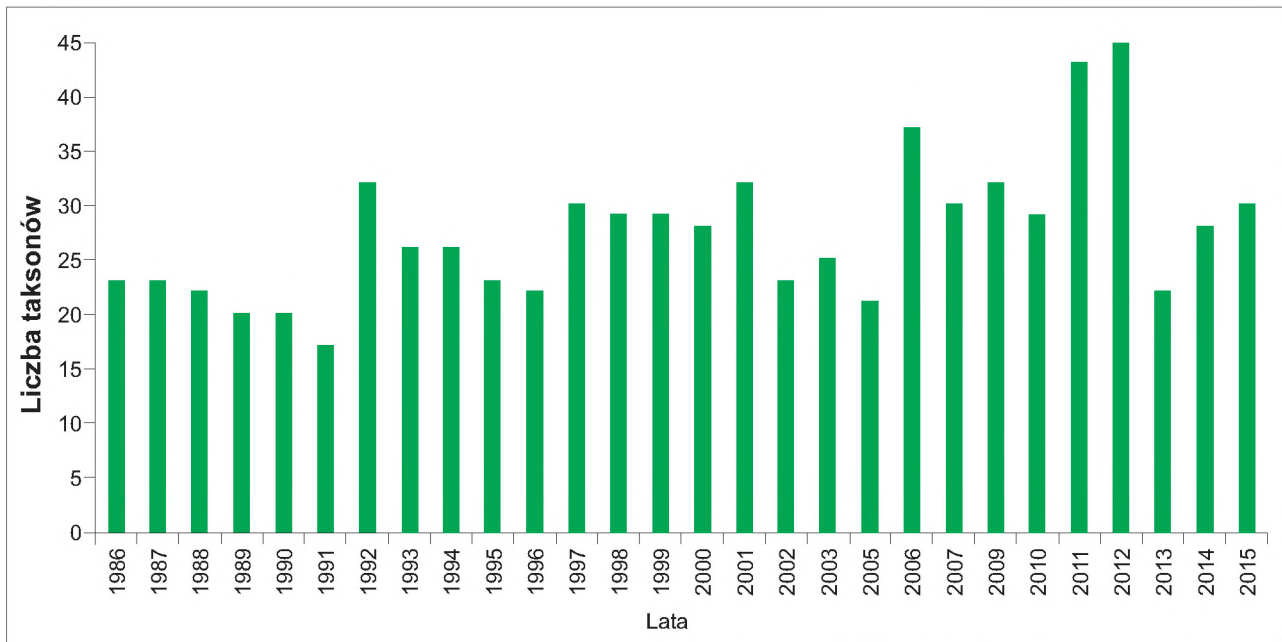
Anuraeopsis fissa (Gosse), *Ascomorpha ecaudis* (Perty), *Ascomorpha ovalis* (Bergendal), *Asplanchna priodonta* Gosse, *Asplanchnopus multiceps* (Schrank), *Brachionus angularis* Gosse, *Brachionus urceolaris* (Müller), *Brachionus urceolaris* var. *rubens* (Ehrenberg), *Conochilus unicornis* (Rousselet), *Colurella adriatica* Ehrenberg, *Epiphanes senta* (Müller), *Filinia longiseta* (Ehrenberg), *Filinia terminalis* (Plate), *Gastropus* sp., *Harringia eupoda* (Gosse), *Hexarthra mira* (Hudson), *Kellicotia longispina* (Kellicott), *Keratella cochlearis* (Gosse), *Keratella tecta* (Gosse), *Keratella quadrata* (Müller), *Lecane* sp., *Lecane bulla* (Gosse), *Lecane closterocerca* (Schmarda), *Lecane elasma* (Harring & Myers), *Lecane luna* (Müller), *Lecane lunaris* (Ehrenberg), *Lepadella patella* f. *similis* (Lucks), *Notholca acuminata* (Ehrenberg), *N. squamula* (Müller), *Polyarthra dolichoptera* Idelson, *P. minor* (Voight), *P. vulgaris* Carlin, *Pompholyx sulcata* Hudson, *Synchaeta grandis* (Zacharias), *S. kitina* (Rousselet), *S. oblonga* (Ehrenberg), *S. pectinata* (Ehrenberg), *Trichocerca* sp., *Trichocerca capucina* (Wierzejski & Zachariasz), *Trichocerca dixon-nuttalli* (Jennings), *Trichocerca mus* Hauer, *Trichocerca pusilla* (Lauterborn), *Trichocerca rousseleti* (Voight), *Trichocerca similis* (Wierzejski), *Trichotria tetractis* (Ehrenberg)

Cladocera:

Alonella sp., *Alona quadrangularis* (O.F. Müller), *A. rectangularis* (Sars), *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine), *C. quadrangula* (O.F. Müller), *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller), *Daphnia cucullata* (Sars), *Daphnia longispina* (O.F. Müller), *Eubosmina* (*Bosmina*) *crassicornis* (O.F. Müller), *Diaphanosoma brachyurum* (Levin), *Leptodora kindtii* (Focke), *Pleroxus* sp.

Copepoda:

Acanthocyclops sp., *A. robustus* (G.O. Sars), *Cyclops strenuus* (Fisch), *Cyclops vicinus* (Uljan), *Diacyclops* sp., *Eudiaptomus gracilis* (Sars), *Harpacticus gracilis* (Claus), *Mesocyclops leuckarti* (Claus), *Thermocyclops crassus* (Fischer)



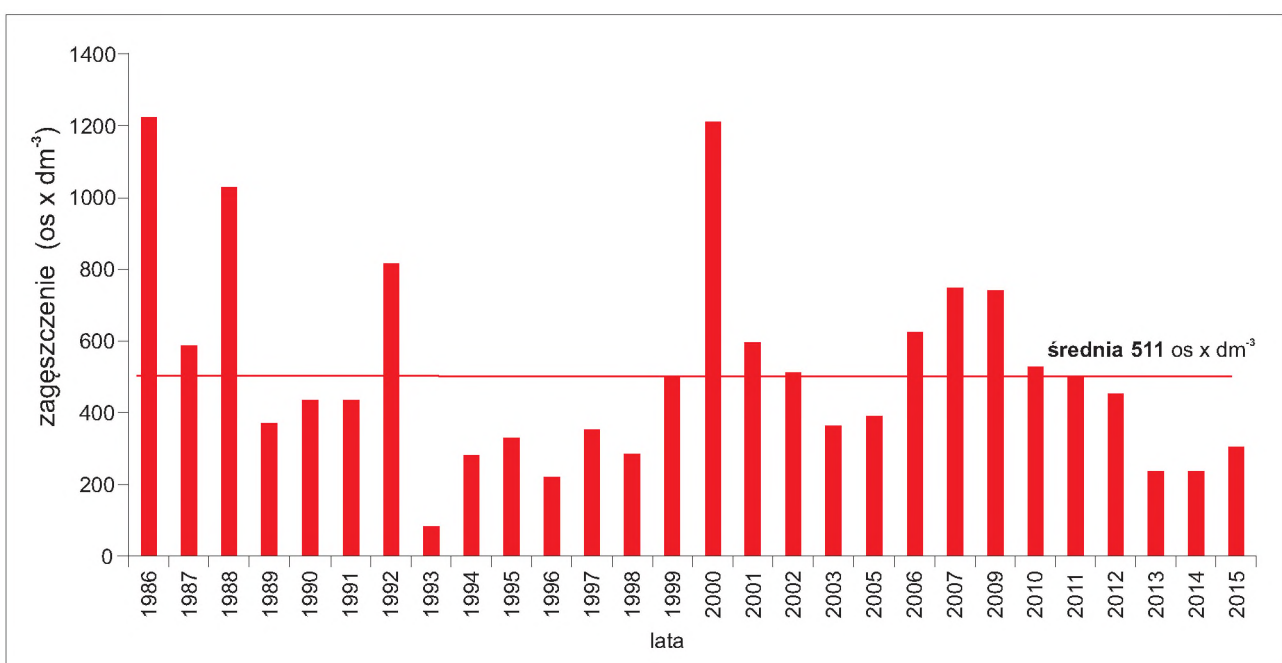
Ryc. 20. Liczba taksonów zooplanktonu w latach 1989-2015 (dane 1989 - 1999 za Fleituch, Pocięcha 2000; pozostałe dane własne)

9.5.2. Zróznicowanie struktury ilościowej zooplanktonu (zagęszczenie i sucha masa)

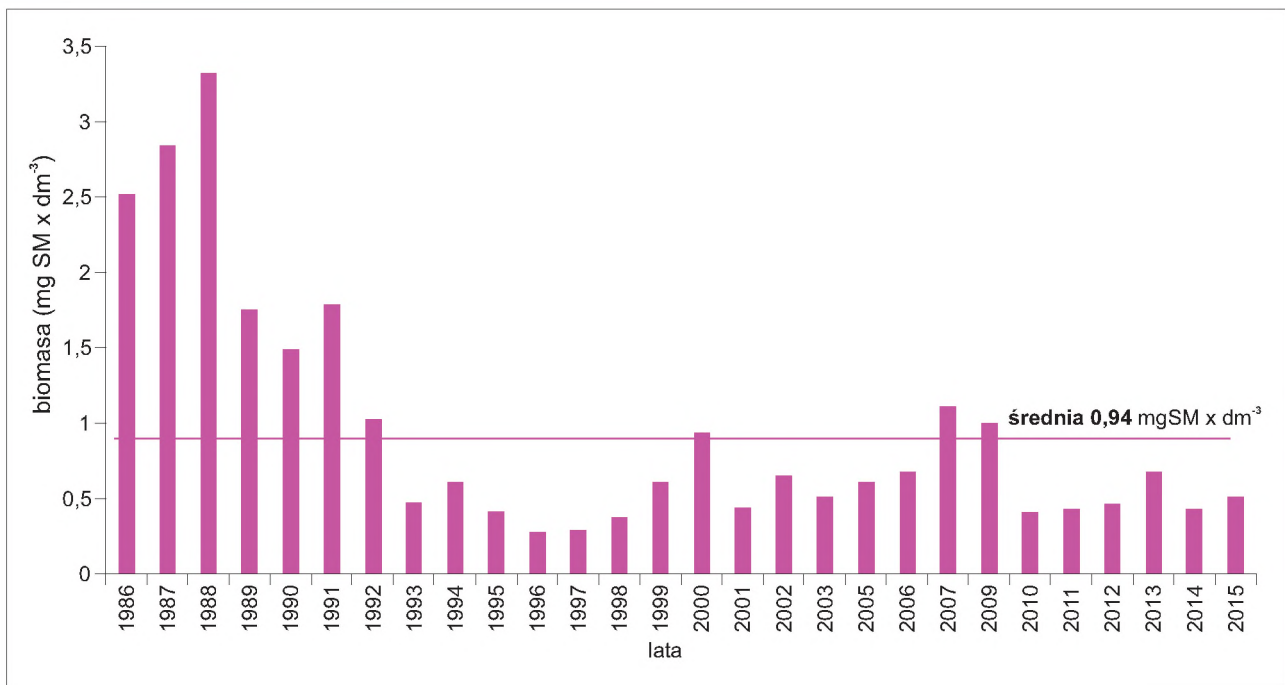
Dynamika zagęszczenia zooplanktonu na przestrzeni lat była bardzo zróżnicowana. Najmniejsze wartości zagęszczenia odnotowano w roku 1993 - 80 os dm^3 , a największe w roku 1986 - 1220 os dm^3 i w roku 2000 - 1208 os dm^3 . Średnie zagęszczenie zooplanktonu w pelagialu Zbiornika Dobczyckiego wynosiło 511 os dm^3 (Ryc. 21). Zagęszczenie to znacznie wzrosło w stosunku do pierw-

szych 14 lat badań, gdzie średnia wynosiła 493 os dm^3 (Fleituch, Pocięcha 2000). W ciągu roku obserwowane są istotne zmiany sezonowe zagęszczenia zwierząt planktonowych. Największe wartości zagęszczenia obserwowane są od maja do sierpnia, a w przypadku suchych lat również we wrześniu i październiku. O wysokich wartościach zagęszczenia zooplanktonu decydują wrotki.

Największe wartości suchej masy zooplanktonu odnotowano w początkowych latach istnienia Zbiornika Dobczyckiego (1986-1991). Najmniejsze wartości suchej



Ryc. 21. Średnie roczne zagęszczenie zooplanktonu w latach 1989-2015 (dane 1989 - 1999 za Fleituch, Pocięcha 2000; pozostałe dane własne)



Ryc. 22. Średnia roczna biomasa (sucha masa) zooplanktonu w latach 1989-2015 (dane 1989 - 1999 za Fleituch, Pocięcha 2000; pozostałe dane własne)

masy stwierdzono w roku 1996 (0,027 mg dm³) i 1997 (0,028 mg dm³), a największe w roku 1988, gdzie wartość ta wynosiła 3,31 mg dm³. Średnia wartość suchej masy zooplanktonu w pelagialu Zbiornika Dobczyckiego wynosiła 0,94 mg dm³ (Ryc. 22). Wartość suchej masy nieznacznie spadła w stosunku do pierwszych 14 lat badań, gdzie średnia wartość wynosiła 1,26 mg dm³ (Fleituch i Pocięcha 2000). Największe wartości suchej masy obserwowane są od maja do sierpnia, a w przypadku suchych lat również we wrześniu i październiku. O wysokich wartościach suchej masy zooplanktonu decydowały skorupiaki (wioślarki i widłonogi).

9.5.3. Wieloletnie zmiany struktury zooplanktonu jako wskaźnika stanu limnologicznego zbiornika

W początkowych latach badań zooplanktonu zbiornika odnotowano około 25 taksonów, duże wartości zagęszczenia oraz wysokie wartości suchej masy. W następnych latach obserwowano zwiększanie liczby taksonów oraz zmniejszanie się zarówno wartości zagęszczenia jak i suchej masy. Cały zespół zooplanktonu składa się z gatunków wskazujących na mezoeutroficzny do eutroficzny charakter trofy wód zbiornika. W pierwszych 14 latach istnienia zbiornika stwierdzono 48 gatunków zooplanktonu, a w następnych latach liczba ta zwiększyła się do 72. Wrotki były grupą, która wzbogaciła się o największą liczbę gatunków. Część z tych gatunków to gatunki litoralne pojawiające się w strefie pelagialu poprzez wymywanie. Dużą część gatunków stanowią pojawiające się wrotki z rodzaju *Trichocerca* charaktery-

styczne dla wysokiej trofy zbiorników wodnych. W latach 2007-2009 w okresie letnim w pelagialu zbiornika pojawiły się takie gatunki jak: *Trichocerca dixon-nuttalli*, *T. mus*, *T. pusilla*, *T. rousseleti*. Obecność tych ciepłolubnych gatunków może świadczyć o pojawiających się krótkotrwałych zanieczyszczeniach wód zbiornika, jak również może wynikać ze stanu hydrologicznego zbiornika (niżówki - lata suche).

Zespół skorupiaków planktonowych (wioślarki i widłonogi) na przestrzeni ostatnich 14 lat nie wiele się zmienił. Każda grupa zyskała po jednym nowym gatunku, przy czym w grupie wioślarek odnotowano typowy gatunek litoralowy *Alona quadrangularis* oraz gatunek widłonoga charakterystyczny dla siedlisk dennych *Harpacticus gracilis*.

Obecnie struktura gatunkowa pelagicznego zooplanktonu wskazuje na mezotroficzny charakter wód zbiornika.

9.5.4. Wykorzystanie zooplanktonu jako bazy pokarmowej przez ryby

Zooplankton stanowi bazę pokarmową dla narybku i ryb planktonożernych. W zbiorniku Dobczyckim w roku 1994 przeprowadzono badania dotyczące składu pokarmowego ryb planktonożernych strefy pelagialu.

W biomasy ichtiofauny pelagialu zbiornika Dobczyckiego w badanym okresie stwierdzono dominację trzech gatunków: płoć, leszcz i ukleja, których łączna liczebność stanowiła 95 % całego zespołu (Tabela IV). W pokarmie leszcza i krąpia zooplankton występował w 100 %, u płoci stanowił 92 %, a u uklei 45 %. Poza zooplanktonem ryby swoją dietę uzupełniały zjadając owady oraz po-

Ryby	Udział procentowy (%)
płoc	47,7
leszcz	29,5
ukleja	17,4
okoń	1,6
krąp	1,4
troć jeziorna	0,9
kleń	0,7
sandacz	0,7

Tabela IV. Struktura biomasy ryb (%) w pelagialu Zbiornika Dobczyckiego w 1994 r. (za: Pocięcha 2002; Pocięcha, Amirowicz 2003)

karm denny (makrofauna, glony nitkowate i detrytus). Największe znaczenie w bazie pokarmowej całego zespołu ryb miał zooplankton, który stanowił 91,5 % pokarmu zjedzonego w pelagialu przez wszystkie ryby.

Pokarm ryb planktonożernych składał się z wioślarek i widłonogów. Najchętniej zjadane były średniej i dużej wielkości wioślarki takie jak: *Bosmina longirostris*, *Daphnia cucullata*, *Daphnia longispina* i *Leptodora kindtii* (Tabela V). Z pośród widłonogów najchętniej zjadany był *Cyclops strenuus* oraz formy rozwojowe widłonogów naupliusy i kopepodity. Wielkość poszczególnych ofiar zjadanych przez ryby była znacznie zróżnicowana i zależna od wielkości gatunku zooplanktonu. Ryby preferowały duże zwierzęta planktonowe (Tabela V). Poszczególne gatunki ryb wybierały swoje ofiary w zbliżonym zakresie wielkości np.: leszcz: 0,40-1,56 mm; płoc: 0,42-1,50 mm; ukleja: 0,39-1,40 mm; krąp: 0,46-1,60 mm.

Ryby pod względem preferencji pokarmowych były bardzo zróżnicowane. Leszcz wiosną żywił się głównie widłonogami a w okresie lata preferował duże wioślarki z rodzaju *Daphnia* i *Bosmina*. Natomiast ukleja żywiła się głównie wioślarkami z rodzaju *Daphnia*, a płoc wybierała osobniki zooplanktonu z rodzaju *Daphnia* i *Bosmina*. Badania dotyczące pokarmu ryb wykazały, że największy udział w diecie stanowią wioślarki z rodzaju *Daphnia*, co potwierdza silną presję na formy o największych rozmiarach.

Zbiornik Dobczycki pod względem ilości gatunków zooplanktonu charakteryzuje się średnim bogactwem ilościowym i niewysokim zróżnicowaniem gatunkowym. Zespół zooplanktonu Zbiornika Dobczyckiego, zarówno jego zagęszczenie, sucha masa, jak i rozmieszczenie pionowe jest kształtowany pod wpływem czynników abiotycznych i biotycznych, z tym że zaobserwowano wyraźniejszy wpływ tych pierwszych, zwłaszcza w okresach niestabilności hydrologicznej. Jedynie w okresach stabilności hydrologicznej większy wpływ na zooplankton wywierają ryby. O zagęszczeniu całego

Zooplankton	Wielkość w planktonie (zakres)	Wielkość w pokarmie (zakres)
Wioślarki (Cladocera)		
<i>Bosmina</i> sp.		0,39-0,73
<i>Bosmina longirostris</i>	0,22-1,00	
<i>Daphnia</i> sp		0,73-1,75
<i>Daphnia cucullata</i>	0,58-1,30	
<i>Daphnia longispina</i>	0,62- 1,75	
<i>Leptodora kindtii</i>	2,1-6,4	2,16-6,39
Widłonogi (Copepoda)		
<i>Cyclops strenuus</i>	0,9-1,8	0,95-1,75
naupliusy	0,11-0,39	0,2-0,3
kopepodity	0,41-1,24	0,43-1,03

Tabela V. Wielkość gatunków zooplanktonu (mm) w zooplanktonie i w pokarmie ryb w pelagialu Zbiornika Dobczyckiego w 1994 r. (za: Pocięcha 2002; Pocięcha, Amirowicz 2003)

zespołu zooplanktonu decydowały wrotki, natomiast o wartościach suchej masy decydowały skorupiaki (wioślarki i widłonogi). Ryby planktonożerne (zwłaszcza główni dominanci) w strefie pelagialu wykorzystywały zooplankton jako główny składnik pokarmu. Pokarm stanowiły duże wioślarki z rodzaju *Daphnia* i *Bosmina* (w zakresie wielkości: 0,4-1,75 mm), co potwierdza silną presję na formy o największych rozmiarach i przy zabiegach ochronnych zbiornika (np. biomanipulacja), należy rozważyć zastosowanie regulacji od szczytu piramidy troficznej (top-down).

Długoletnie badania zooplanktonu Zbiornika Dobczyckiego wykazały, że zespół ten złożony jest w przeważającej części z gatunków o szerokiej tolerancji na zmienność czynników środowiskowych, co może okazać się istotne przy stosowaniu metod biotechnologii ekosystemowych służących poprawie jakości wód, co w przypadku zbiornika Dobczyckiego (zbiornik wody pitnej dla miasta Krakowa) jest istotne.

9.6. Bezkręgowce denne i procesy biologiczne

9.6.1. Ocena jakości wody bezpośrednich dopływów metodą wskaźników biologicznych przed zalaniem zbiornika

Ze względu na złe prognozy, w okresie przed powstaniem zbiornika, postanowiono określić stan jakości wody rzek przyszłych przyjąłszy odcinków pięciu

Bibliografia

- Amirowicz A., Pocięcha A., Wilk-Woźniak E. 2000. Łańcuch troficzny w pelagialu. W: Starmach J., Mazurkiewicz-Boroń G. (red.): Zbiornik Dobczycki. Ekologia – eutrofizacja – ochrona. Kraków, ZBW PAN, 177–184.
- Fleituch T., Pocięcha A. 2000. Zooplankton. W: Starmach J., Mazurkiewicz-Boroń G. (red.): Zbiornik Dobczycki. Ekologia – eutrofizacja – ochrona. Kraków, ZBW PAN, 113–120.
- Godlewska M., Mazurkiewicz-Boroń G., Pocięcha A., Wilk-Woźniak E., Jelonek M. 2003. Effects of flood on the functioning of the Dobczyce reservoir ecosystem. *Hydrobiologia*, 504, 305–313.
- Pocięcha A., Wilk-Woźniak E. 2000. Effect of the summer flood on the ecosystem of the Dobczyce Reservoir (southern Poland). *Acta Hydrobiologica*, 42, 59–67.
- Pocięcha A. 2002. Wpływ czynników abiotycznych i biotycznych na strukturę i dynamikę zespołu zooplanktonu w zbiorniku zaporowym (Zbiornik Dobczycki, południowa Polska). Rozprawa doktorska, Uniwersytet Łódzki.
- Pocięcha A., Amirowicz A. 2003. An attempt to determine the share of zooplankton in food consumed by fish in the limnetic zone of a eutrophic dam reservoir. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 32, 2, 15–31.
- Pocięcha A., Wilk-Woźniak E. 2005. Dynamics of phyto- and zooplankton in the submontane dam reservoirs with different trophic status. *Limnological Review*, 5, 215–221.
- Pocięcha A., Wilk-Woźniak E. 2006. The life strategy and dynamics of selected species of phyto- and zooplankton in a dam reservoir during „wet” and „dry” years. *Polish Journal of Ecology*, 54, 1, 29–38.
- Pocięcha A., Wilk-Woźniak E. 2007. Effect of environmental conditions on Rotifers and selected phytoplankton species in three submountane dam reservoirs (Southern Poland, central Europe). *Ekologia (Bratislava)*, 26, 132–142.
- Pocięcha A., Wilk-Woźniak E. 2008. Comments on the diet of *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850) in the Dobczycki dam reservoir on the basis of field sample observations. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 37, 3, 63–69.