

Institut Biologii
Zakład Zoologii Bezkręgowców

WPLYW STEŻENIA ZAWIESINY NA TEMPO FILTRACJI WODY
I AKTYWNOŚĆ *DREISSENA POLYMORPHA* (PALLAS)

THE INFLUENCE OF SUSPENSION ON SHELL ACTIVITY
AND THE RATE OF FILTRATION IN *DREISSENA POLYMORPHA*
(PALL.)

Arnold Drozdowski, Ryszard Wiśniewski

Synopsis. The results of investigations on the rate of water filtration and shell activity in *Dreissena polymorpha* (Pall.) are presented.

It was established that the activity depends on suspension particles diameter and its concentration in water.

Measurements of filtration efficiency showed that the mean clearance rate, for the used in experiment kind of suspension, was 0,16 mg (dry matter mussel⁻¹ h⁻¹).

WSTĘP

Resuspensja osadów dennych jest częstym zjawiskiem zachodzącym zarówno w wodach stojących, jak i bieżących. Wzrost stężenia zawiesiny spowodowany wzburzeniem osadów dennych wywiera negatywny wpływ na liczne organizmy wodne. Istotą oddziaływania resuspensji na ekosystem jest przede wszystkim pochłanianie przez zawiesinę tlenu rozpuszczonego w wodzie oraz uwalnianie toksycznych związków chemicznych, a także ograniczenie przenikania światła w głąb akwenu. Głównymi filtratorami wody są małże, a zwłaszcza powszechnie występująca w naszych akwenach *Dreissena polymorpha* (Pall.). Małż ten żyje w dużych populacjach w zbiornikach zaporowych. W nowo powstałych środowiskach obserwuje się w pierwszych latach wzrost liczebności omawianego gatunku, zaś w zbiornikach od dawna zasiedlanych, jego liczebność zwykle nie jest stabilna w ciągu kilku okresów wegetacyjnych. Głównymi miejscami występowania racicznicy w akwenach jest litoral i górny sublitoral. Na ogół w jeziorach liczebność omawianego gatunku sięga kilkuset osobników na 1 m² powierzchni dna. Natomiast w jeziorach eutroficznych zagęszczenie racicznicy może dochodzić do kilkunastu ty-

sięcy osobników na wymienioną powierzchnię (Lewandowski 1982), zaś w zbiornikach zaporowych i zalewach, w niektórych przypadkach, gęstość zasiedlania przekracza sto tysięcy okazów na jednostkę powierzchni dna zbiornika wodnego (Wiktor 1963). W związku z tak dużą liczebnością gatunek ten odgrywa istotną rolę w ekosystemie. Szczególne znaczenie ma jego działalność filtracyjna wody. Obliczono, że cała populacja *Dreissena polymorpha* (Pall.) w Jeziorze Mikołajskim, w którym zagęszczenie wynosiło średnio dwa tysiące okazów na 1 m² powierzchni dna, pochłania około 868 ton suchej masy sestonu (Stańczykowska 1983). Tego typu procesy w znacznym stopniu przyspieszają obieg substancji w akwieniu.

W dotychczasowych publikacjach brakuje wyczerpujących wiadomości o reakcji *Dreissena polymorpha* (Pall.) na większą zawartość w wodzie zawiesiny utworzonej z naturalnych osadów dennych. Również bardzo mało jest informacji o ekofizjologii i etologii badanego gatunku. Prawdopodobną przyczyną przedstawionego stanu naszej wiedzy jest niedocenywanie racicznicy zmiennej jako filtratora i transformatora substancji organicznej.

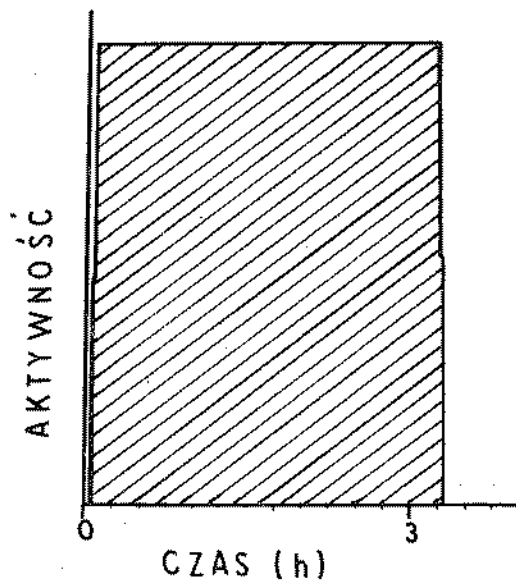
Celem naszych badań było wyjaśnienie zakresu zmian aktywności tego małża spowodowane podwyższeniem stężenia zawiesiny w wodzie oraz poznanie tempa filtracji wody.

MATERIAŁ I METODA BADAŃ

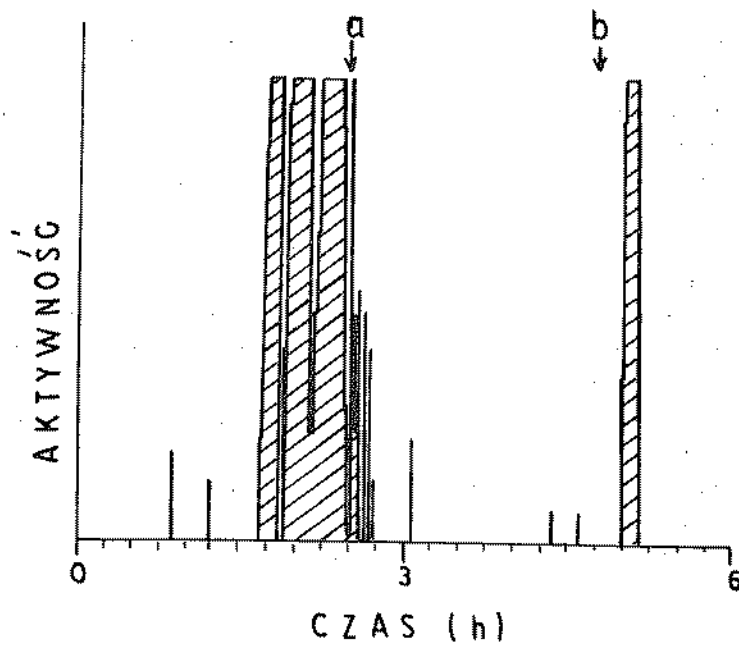
Badania przeprowadzono na okazach *Dreissena polymorpha* (Pall.) pochodzących z dwóch populacji. Jedna grupa osobników przeznaczona do badań tempa filtracji wody pochodziła z ławic żyjących we Włocławskim Zbiorniku Zaporowym, natomiast materiały do rejestracji aktywności zebrano w Jeziorze Partęczyny. Badania aktywności przeprowadzono w laboratorium. Było to podyktowane technicznymi warunkami nie pozwalającymi na wykonanie eksperymentu w terenie. Serię doświadczeń zmierzających do poznania tempa filtracji wody wykonano w terenie. Zależało nam bowiem na zachowaniu warunków zbliżonych do naturalnych. Osady denne przeznaczone do obu rodzajów doświadczeń pobrano ze zbiornika włocławskiego z miejsc w pobliżu dużych kolonii racicznicy. Miejsca te stanowiły strefę akumulacji cząstek materii, toteż pobrane stąd w czasie sztucznej resuspensji zachowywały się podobnie jak osady nurtowe. Należy ponadto nadmienić, że drobne frakcje osadów bardzo długo utrzymywały się w toni wodnej. Środowisko, w którym przeprowadzono badania aktywności racicznicy przygotowywano w następujący sposób. Do naczynia zawierającego 1 litr wody pobranej z akwarium dodawano 10 cm³ osadów dennych przy pomocy odpowiednio dobranego

dozownika, po czym wywoływano sztuczną resuspensję. Po upływie jednej minuty od wzburzenia osadów, w pierwszym przypadku, i dziesięciu minutach dla przeprowadzenia drugiej serii doświadczeń, zlewano zawiesinę do innego naczynia, w którym umieszczono małże. Zwracano przy tym szczególną uwagę, aby frakcja denna nie przedostała się do przygotowywanego środowiska. Do rejestracji aktywności, wyrażającej się czasem trwania fazy otwarcia obu połówek muszli osobnika, użyto specjalnej przystawki (Stankiewicz i in. 1989) połączonej z mikrokomputerem „Spectrum +”. Przy pomocy programu napisanego w języku BASIC dokonano zapisu aktywności każdego z umieszczonych w naczyniu małży w ciągu 6 godzin. Sposób przygotowania osobników do tego typu badań omówiono w pracy Drozdowskiego i in. (1991). Ponadto przeprowadzono równoległe serię doświadczeń kontrolnych. W tym przypadku małże umieszczano w naczyniach z wodą pochodzącą z akwarium, do którego nie dodawano zawiesiny osadów dennych. Wyniki doświadczeń przeprowadzonych w ciągu 6 godzin przedstawiono w postaci aktogramów (ryc. 1—4). Na jeden aktogram składa się 240 słupków rysowanych przez 1,5 minuty każdy. Pojedynczy słupek oznacza zatem trwanie stanu rozwarcia obu połówek muszli małża przez 1,5 minuty, zaś brak słupka, lub przerwa w jego ciągłości świadczy o braku aktywności osobnika.

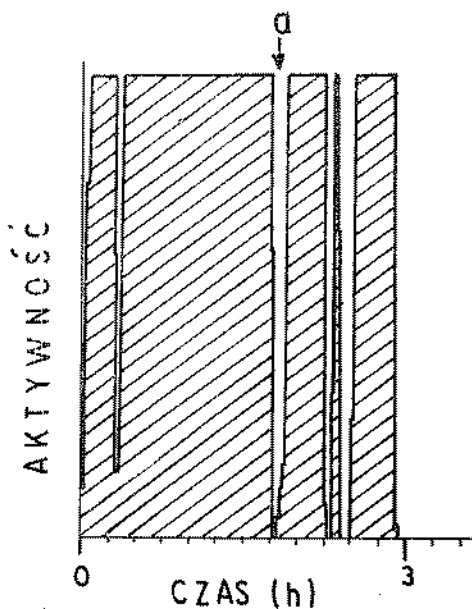
Do badań tempa filtracji wody przygotowano środowisko z odpowiednią koncentracją zawiesiny. W tym celu napełniono wodą pochodzącą ze Zbiornika Włocławskiego dwie zlewki o pojemności 2 litrów każda. Następnie do tych naczyń wprowadzono po 20 cm³ osadów dennych, które poddano sztucznej resuspensji. Po upływie 10 minut, gdy najgrubsze frakcje osadów uległy resedymmentacji, z obu pojemników pobrano po 100 ml badanego środowiska w celu oznaczenia koncentracji zawiesiny. Czynności te powtarzano trzykrotnie dla dokładnego oznaczenia masy cząstek zawiesiny zawartej w jednostce objętości omawianego środowiska. W jednym naczyniu umieszczono cztery małże o zbliżonej wielkości muszli i masie ciała, drugie zaś stanowiło naczynie kontrolne, w którym bez udziału małży zachodziła swobodna resedymmentacja zawiesiny. Wykonano dwie serie badań: w ciągu 1 i 4 godzinach. Po upływie wymienionych okresów od rozpoczęcia eksperymentu pobrano z obu naczyń (z małżami i kontrolnych) trzykrotnie po 100 ml wody w celu stwierdzenia stężenia zawiesiny. Każdą próbkę przesączono przez filtr GF/C, który następnie suszono w temperaturze 105°C przez 24 godziny, po czym sączki ważono. Z różnicy masy zawiesiny osadzonej na czterech seriach sączków przygotowanych z naczyń: przed rozpoczęciem eksperymentu, po upływie 1 i 4 godzinach trwania doświadczenia oraz z naczyń kontrolnych, obliczono zarówno stopień koncentracji zawiesiny w poszczególnych pojemnikach, jak i tempo filtracji wody przez jednego osobnika *Dreissena polymorpha* (P a 11.) w ciągu godziny.



Ryc. 1. Aktogram aktywności małży serii kontrolnej
 Fig. 1. Pattern of mussels activity in control serie

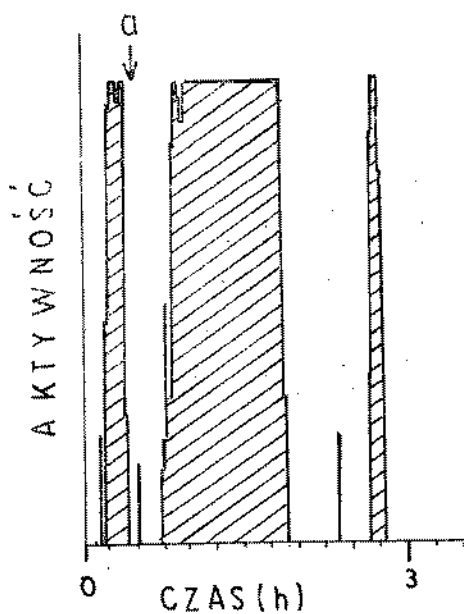


Ryc. 2. Aktogram aktywności małży umieszczonych w środowisku po 1 minucie resuspensji osadów
 Fig. 2. Pattern of mussels activity placed in water after 1 min. of sediment resuspension



Ryc. 3. Aktogram aktywności małży umieszczonych w środowisku po 10 minutach resuspensji osadów

Fig. 3. Pattern of mussels activity placed in water after 10 min. of sediment resuspension



Ryc. 4. Aktogram aktywności małży umieszczonych w środowisku po 10 minutach resuspensji osadów

Fig. 4. Pattern of mussels activity placed in water after 10 min. of sediment resuspension

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań nad aktywnością racicznicy, wyrażonej czasem trwania rozwarcia obu połówek muszli osobnika, przedstawiono na aktogramach (ryc. 1—4). Małże umieszczone w naczyniach kontrolnych były aktywne (ryc. 1) przez cały czas trwania doświadczenia. Należy ponadto nadmienić, że małże nie wykazywały jakiegokolwiek rytmu aktywności. Do odmiennych wyników doszli Benedens i Hinz (1980), którzy zaobserwowali istnienie dwóch, lub trzech okresów w ciągu doby wydajniejszej działalności racicznicy.

W pierwszej serii doświadczeń nad aktywnością racicznicy umieszczone w środowisku, które utworzono z zawiesiny pobranej z pojemników po minucie resuspensji osadów dennych, rozpoczynały aktywność po 2—4 minutach (rys. 2). Następnie po 2—7 minutach obie połówki muszli zamykały się szczelnie. Cykl otwierania i zamykania muszli powtarzał się kilkakrotnie z coraz krótszymi okresami aktywności. Wreszcie małże zawierały muszle na okres 1—1,5 godziny. Interesujący wydaje się fakt, że po przeniesieniu tych małży do wody akwaryjnej niemalże natychmiast były aktywne.

W drugiej serii badań małże umieszczone w środowisku pozyskane z naczyń, w których osady opadały na dno zlewki przez 10 minut, za-

Tabela

Dane liczbowe o stężeniu zawiesiny w wodzie serii doświadczalnej z racicznica i kontrolnej, bez małży

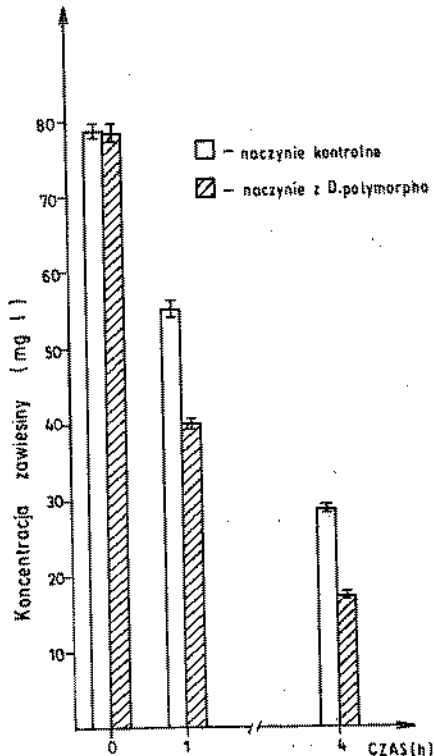
Table

Changes of suspension concentration in chambers with 4 mussels and control vessels

Nr nr serii w każ- dej po 4 ok. number of serie	Stężenie zawiesiny w mg suchej masy na litr wody Suspension concentration mg (dry matter), l-1					
	seria doświadczalna experimental serie (with mussels)			seria kontrolna control serie		
	wyjściowe initial	po 1 godz. after 1 h	po 4 godz. after 4 h	wyjściowe initial	po 1 godz. after 1 h	po 4 godz. after 4 h
1	78,8	41,6	16,4	77,2	55,8	28,8
2	80,4	39,6	18,6	78,8	54,9	29,7
3	81,0	41,0	17,9	79,6	58,5	30,2
4	77,7	39,4	17,1	81,3	53,2	27,7
5	82,0	41,5	16,7	80,0	54,3	27,8
6	75,0	38,2	16,6	75,0	55,0	28,1
7	76,3	38,6	16,2	78,6	57,2	27,6
8	76,9	41,2	18,3	78,9	52,4	29,8
X	78,5	40,1	17,2	78,7	55,2	28,7
SD	2,46	1,36	0,92	1,90	2,00	1,05

chowowały się w dwojaki sposób. Większość z nich rozpoczynała filtrację zawiesiny po 3—10 minutach od momentu umieszczenia ich w naczyniach (ryc. 3). Natomiast w trzech z ośmiu badanych przypadkach racicznice otwierały muszlę dopiero po 22—48 minutach od chwili rozpoczęcia rejestracji (ryc. 4). Należy zaznaczyć, że po rozpoczęciu aktywności małże nie kontynuowały jej w sposób ciągły. Aktogramy wskazują na krótsze (1—3 min.) lub dłuższe (20 min.—1 godz. i 12 min.) okresy, w których okazy miały muszlę szczelnie zamkniętą.

Wyniki badań nad tempem filtracji ośmiu serii doświadczeń z udziałem małży i ośmiu prób kontrolnych zestawiono w tabeli. Przygotowując eksperyment dążono, aby w obu grupach naczyń wartość wyjściowa stężenia zawiesiny nie wykazywała istotnych różnic. Średnia wartość tych różnic wynosiła zaledwie 0,2 mg suchej masy na litr wody. Z danych liczbowych wynika, że zarówno w naczyniach z racicznicami, jak i kontrolnych zawartość zawiesiny wraz z upływem czasu malała, jednak tempo między czynnym, z udziałem małży, a biernym opadaniem cząstek na dno zlewki znacznie się różniło. Średnio cztery małże o długości muszli około 32 mm każdy, usuwały z dwóch litrów wody w ciągu godziny 46%, zaś w czterokrotnie dłuższym czasie 78% zawiesiny, gdy natomiast analogiczne dane uzyskane z serii kontrolnej wynosiły 30%



Ryc. 5. Wykres zależności między średnią wartością zawiesiny w wodzie z małżami a serią kontrolną

Fig. 5. Changes of mean suspension concentration in water with mussels and in control serie

i 64%. Obliczono także różnice średnich wartości między czynnym, a biernym oczyszczaniem toni wodnej z zawiesiny. Wartość ta dla działalności filtracyjnej jednego małża w ciągu 1 godziny wynosiła 3,8 mg suchej masy, zaś analogiczne dane dla czterogodzinnej — 2,9 mg. Na ryc. 5 przedstawiono graficzny obraz skali zależności między średnimi wartościami koncentracji zawiesiny w wodzie trzech pomiarów z małżami i uzyskanymi z doświadczeń kontrolnych.

ROZWAŻANIA KOŃCOWE

Badania nad zdolnością filtracyjną wody i aktywnością *Dreissena polymorpha* (F a l l.) nie należą do pionierskich. Problematyką tą bowiem zajmowano się przynajmniej od początku XX wieku (Gartkiewicz 1922 i in.), mimo to pozostało jeszcze w tym zakresie wiele niejasności. Próby oddziaływania stałym i zmiennym natlenieniem wody (Drozdowski i in. 1991) oraz zastosowanie grafitu (Morton 1971), lub gliny (Alimow 1969) jako sztucznej zawiesiny, a także inne doświadczenia (Walz 1978) nie wyjaśniły, które czynniki wpływają w istotny sposób na aktywność racicznicy. Z badań Jorgensena i in. (1984) wynika, że wymiary cząsteczek zawiesiny oraz ich koncentracja w akwenu mają znaczący wpływ na aktywność i zdolność filtracyjną osobników omawianego małża. Nasze badania potwierdzają, w pewnym zakresie, dane otrzymane przez cytowanego autora. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że okazy racicznicy umieszczone w środowisku utworzonym z zawiesiny pobranej z naczynia po upływie 1 minuty od resuspensji osadów dennych, w których zagęszczenie cząsteczek przekraczało 100 mg na litr wody, tylko w bardzo krótkim czasie były aktywne. Również znaczne wymiary tych drobin, które nie zdążyły w ciągu minuty opaść na dno, nie były obojętne dla badanego procesu. Interesujący jest fakt, że te przeniesione do wody pochodzącej z akwarium, a więc do środowiska pozbawionego wspomnianych, negatywnych czynników, natychmiast wznowiały aktywność. Należy ponadto nadmienić, że przezroczystość wody w serii doświadczalnej i wody akwaryjnej nie wykazywała dostrzegalnych różnic, toteż można wykluczyć oddziaływanie tego czynnika na aktywność małży. Druga seria doświadczeń przeprowadzona w środowisku po 10 minutach od resuspensji osadów dennych pośrednio potwierdza wyniki badań Jorgensena i in. (1984). W naszych eksperymentach zarówno brak cząsteczek przekraczających średnicę 4 μ , jak i znacznie mniejsze zagęszczenie drobin niż 100 mg na litr wody spowodowało wzmożenie aktywności racicznicy.

Aktywność racicznicy ma bezpośrednio wpływ na tempo filtracji wody. Dotychczas jednak jest bardzo mało publikacji z tego zakresu. Według Reedersa i in. (1989) badania przeprowadzane w laboratorium są

obarczone błędem. Kryger i Riisgard (1988) wykazali ponadto, że tempo filtracji zawiesiny przez osobniki racicznicy było w środowisku naturalnym czterokrotnie wyższe niż w warunkach laboratoryjnych. Uwzględniając rezultaty badań cytowanych autorów wykonaliśmy doświadczenia w warunkach zbliżonych do naturalnych. Stwierdzono, że tempo filtracji maleje wraz z upływem czasu. Zjawisko to jest jednak pozorne. Zachodzi tu pewna zależność między stężeniem zawiesiny a tempem filtracji wody przez racicznice. Można zjawisko to wytłumaczyć spadkiem stężenia zawiesiny w badanym środowisku. Wiadomo bowiem, że im mniej cząstek zawiera jednostka objętości, tym więcej trzeba przefiltrować wody dla wychwycenia określonej masy osadów.

Z dotychczasowych badań wynika, że liczne występowanie w akwenach osobników *Dreissena polymorpha* (Pall.) dochodzące nawet do 100 000 ok./1 m² powierzchni dna, oraz wysokie tempo filtracji wody, w istotnym stopniu ogranicza negatywny wpływ na ekosystem resuspensji osadów dennych. Cechy te mogą być wykorzystywane przy rekultywacji zbiorników wodnych.

LITERATURA

- Alimov A. F., 1969. Nekotorye obščie zakonnomernosti processa filtracii u dwustvorčatych moljuskov. — Zn. Obsch. Biol., 30: 621—631.
- Benedens H. G., Hinz W., 1980. Zur Tagesperiodizität der Filtrationsleistung von *Dreissena polymorpha* und *Sphaerium corneum Bivalvia*. — Hydrobiologia 69: 45—48.
- Drozdowski A., Wasielewski L., Wiśniewski R., 1991. Wpływ warunków tlenowych na czas trwania fazy z otwartą muszą *Dreissena polymorpha* (Pallas 1771). — Acta Univer. Coperpnici (w druku).
- Gartkiewicz S., 1922. O oddychaniu szczęzi (Anodonta sp.) w stanie czynnościowym i spoczynkowym (snu). — Archiwum Nauk Biologicznych Towarzystwa Naukowego Warszawskiego 1 (17): 1—24.
- Jorgensen C. B., Kiorboe T., Mohlenberg F., Riisgard H. U., 1984. Ciliary and mucus — net filter feeding, with special reference to fluid mechanical characteristics. — Mar. Ecol. Prog. Ser. 15: 283—292.
- Kryger J., Riisgard H. U., 1988. Filtrations rate capacities in 6 species of European freshwater bivalves. — Oecologia 77: 34—38.
- Lewandowski K., 1982. O zmiennej liczebności małża *Dreissena polymorpha* (Pall.) — Wiadomości Ekologiczne 28 (2): 141—154.
- Morton B., 1971. Studies on the biology of *Dreissena polymorpha* Pall. v. some aspects of filter — feeding and the effect of microorganisms upon the rate of filtration. — Proc. Malacol. Soc. London 39: 289—301.
- Reeders H. H., Bij De Vaate A., Slim F. J., 1989. The filtration rate of *Dreissena polymorpha Bivalvia* in three Dutch lakes with reference to biological water quality management. Freshwat. Bol. 22: 133—141.
- Stankiewicz M., Wiśniewski R., Tomaszewski R., 1989. Laboratory and in Situ Measurements of *Bivalvia* Activity. J. Interdisc. Cycle Res. Vol. 20, No 3, 232.

- Stańczykowska A., 1983. Maże a eutrofizacja wód. — *Wiadomości Ekologiczne* 29 (2): 127—129.
- Walz N., 1978. The energy balance of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* Pallas in laboratory experiments and in Lake Constance. I. Pattern of activity feeding and assimilation efficiency. — *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 55: 81—105.
- Wiktor J., 1963. Research on the ecology of *Dreissena polymorpha* Pall. in the Szczecin Lagoon. — *Ekologia Polska* 11: 275—280.

SUMMARY

The authors presented the results of investigations on activity of *Dreissena polymorpha* (Pall.) expressed as the duration of shell opened phase and the rate of water filtration. Measurements were conducted at two different levels of suspension concentration. The suspension remained in water after 1 min. and after 10 min. of resedimentation was used in the first and the second series of experiment. It was established that the activity of mussels is related to diameter of suspended particles and its concentration in water.

The aim of the separate set of experiments was to measure the range of filtration efficiency at different levels of suspension concentration. Four mussels of comparable length and biomass were placed in the measurement vessels filled with water of known concentration of suspension. Separate vessel without mussels served as control of natural changes of suspension concentration caused by resedimentation. The differences of initial concentration of suspension in measurement and control vessels were insignificant. It had been shown that four mussels of about 30 mm length filtered 46% of initial amount of suspension during 1 hour and 78% throughout 4 hours. Natural resedimentation amounted to 30% and 64% respectively. Average clearance rate for one mussel of 31,9 mm mean length was established as 0,16 mg of dry matter per hour.