

P. 509


INSTYTUT BIOLOGII DOŚWIADCZALNEJ im. M. NENCKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

POLSKIE ARCHIWUM HYDROBIOLOGII

Tom XII (XXV)

Nr 1

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA 1964


<http://rcin.org.pl>

SPIS TREŚCI — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENTS

L. Szlauer		
	Reaction of <i>Daphnia pulex</i> de Geer to the approach of different object	5
B. Czeżuga		
	Pionowe rozmieszczenie chlorofilu w niektórych jeziorach mazurskich	17
M. Wierzbicka, S. Kędziński		
	On the dormancy of some species of <i>Cyclopoida</i> under experimental and natural conditions	47
K. Stangenberg-Oporowska, A. Solski		
	Stan zanieczyszczenia górnego biegu rzeki Odry	81
M. Bogucki, A. Wojteżak		
	Content of body water in <i>Nereis diversicolor</i> O.F.M. in various medium concentrations	: 125
E. Kamler		
	Badania nad <i>Plecoptera</i> Tatr	145
Polskie Archiwum Hydrobiologii		
Tom XII (XXV)		

POLSKIE ARCHIWUM
HYDROBIOLOGII

ИНСТИТУТ ОПЫТНОЙ БИОЛОГИИ ИМ. НЕНЦКОГО
ПОЛЬСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ПОЛЬСКИЙ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АРХИВ

бывший

АРХИВ ГИДРОБИОЛОГИИ И РЫБОЛОВСТВА

ТОМ XII (XXV)

№ 1

ВАРШАВА 1964

NENCKI INSTITUTE OF EXPERIMENTAL BIOLOGY
POLISH ACADEMY OF SCIENCES

POLISH ARCHIVES OF HYDROBIOLOGY

formely

ARCHIVES D'HYDROBIOLOGIE ET D'ICHTHYOLOGIE

ТОМ XII (XXV)

No. 1

WARSAW 1964

INSTYTUT BIOLOGII DOŚWIADCZALNEJ im. M. NENCKIEGO
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

POLSKIE ARCHIWUM HYDROBIOLOGII

Tom XII (XXV)

Nr 1

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA 1964

POLSKIE ARCHIWUM HYDROBIOLOGII

jest kontynuacją

ARCHIWUM HYDROBIOLOGII I RYBACTWA

Komitet redakcyjny

Redaktor M. BOGUCKI

Członkowie

K. DEMEL, J. KONDRACKI, J. MIKULSKI,
L. PAWŁOWSKI, M. STANGENBERG

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — WARSZAWA 1964

Nakład 700+100. Ark. wyd. 13. Ark. druk. 11,5. Papier druk. sat. 70 g. V kl.kl.
70 × 100/16. Przekazano do składu 9.IX.63 r. Druk ukończono w lutym 1964/64.
Z-91. Zam. nr 1187/63. Cena zł 39.—9.—

Drukarnia im. Rewolucji Październikowej w Warszawie

L. Szlauer

Reaction of *Daphnia pulex* de Geer to the approach of different objects

Department of the Biology of Inland Waters. High Agricul. School, Olsztyn

Received 9.II.1963

Introduction

As the reaction of *Daphnia* to the approach of different objects plays an important part in the life of these animals and as data on this subject is nearly non-existent, special research was conducted. In natural conditions this reaction appears when *Daphnia* are approached by predatory invertebrates, plancton-eating fishes, males and females of their own species and non-predatory plancton *Crustacea*. Therefore, the fate of *Daphnia* individuals depends very often on this reaction. Recognition of this reaction is also important in regard to the methods of research among plancton, because this reaction also appears when *Daphnia* are approached by catching gear.

Methods

The author used his own method that permitted quantitative investigation of the reaction of *Daphnia* to the approach of objects. A glass tube was moved slowly among *Daphnia* swimming in a container. When the tube approached, *Daphnia* fled. However, some individuals were caught.

Individuals caught in this manner were counted and then replaced into the container. Catches with the tube were conducted in different conditions. Depending on the conditions, *Daphnia* were more or less successful in escaping, and therefore the number of individuals caught varied. During the research the number of *Daphnia* in the container was

unchanged. Therefore the results of the various catchings showed how different conditions influenced the efficacy of the flight of *Daphnia* from the tube.

In some experiments the tube was lowered into the water (Fig. 1A) and in others it was lifted from the bottom (Fig. 1B). In the first case

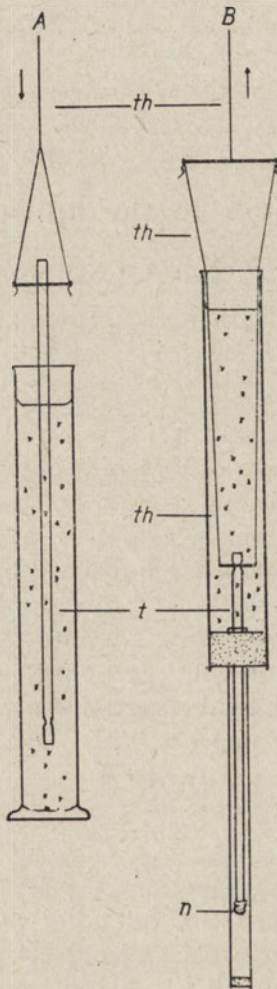


Fig. 1. Appliance for lowering (A) and lifting (B) the tube used for catching *Daphnia*

t — tube, th — thread for lifting or lowering of the tube, n — net

the tube was lowered into the water and when it reached the bottom of the container its upper end was closed. Then the tube was drawn out in order to count the *Daphnia* individuals had been caught in it. In the second case, when the tube was to be lifted from the bottom, it was first put into a little larger tube, fastened under the cylinder (Fig. 1B) and only then drawn out. During this operation the lower end of the tube was covered with loose net that did not hinder an easy flow of water and at

the same time prevented *Daphnia* from entering the tube through this end. When the upper end of the tube was already above the surface of the water it was closed and then the tube was taken out in order to count the individuals caught in it.

The tube used for the catches was a little narrower near the end by which the *Daphnia* were supposed to enter it. At this narrow point the diameter of the tube amounted to 3 mm and every-where else to 5 mm. When *Daphnia* entered the tube, the strong current of water existing in its narrow part drew them inside the tube. It was impossible for them to escape. The tube used was transparent except during two experiments when the „entrance-part” (7 cm long) of the tube was painted black. The walls of the tube were 1 mm thick.

The movement of the tube was regular, while the speed changed according to need in various experiments.

The catches with the tube took place in a glass cylinder (capacity: 100 ml). As a special guide rail was used, the tube moved always along the vertical axis of the cylinder.

The preciseness of the catches was conditioned by an even distribution of *Daphnia* in the cylinder. As in all the experiments the tube was moved vertically, special care was taken to ensure an even horizontal distribution of *Daphnia*. For this purpose the cylinder was suitably illuminated or the experiments were conducted in darkness. Moreover, before each catch the *Daphnia* were stirred in the cylinder. Of course the catch was conducted only after a lapse of time long enough to let the currents caused by stirring die away.

In each experiment catching was repeated from 30 to 100 times. Repetitions were conducted on several groups of *Daphnia*. When the reaction of the same group of *Daphnia* to the moving tube was compared in different conditions, catches were conducted as follows: after several catches conducted in condition A, the same number of catches in condition B was made, then again catches in condition A were repeated etc. In each experiment new *Daphnia* individuals were used. This was done in order to reduce the influence of the eventual weariness of the animals or of their becoming accustomed to the movement of the tube. To ascertain whether these phenomena have any influence on the catches, a special experiment was made. It consisted of 25 identically conducted catches that were repeated one after another on the same group of *Daphnia*, and then the results obtained were compared.

In the experiments described in this work the purpose was to examine how much the direction and speed of the tube, the degree of its transparency and the degree of light influence *Daphnia* to enter the tube. The principle of experimenting with only one element at a time

was used. The elements that were of no special interest were maintained more or less at the same level. This was the case with the temperature, which amounted to 18—20°C, and the oxygen content which corresponded to the normal admixture of oxygen to the water at these temperatures. In the daytime the experiments were made in a dark room that was lighted by a bulb (1600 lux.) that was hang 2 m from the container with the *Daphnia* being examined. For some days before the experiment the *Daphnia* were fed with algae in the work-room. Thirty minutes before the experiment they were taken to the dark-room which was lighted artificially. Only adult female *Daphnia* were used.

In addition to the experiments described, close observation of *Daphnia* was made. These observations provided data on behaviour of *Daphnia* when they approached each other. The observations were supplemented by simple experiments on their reaction to the approach of a fine glass wand and to delicate streams of water squirted from a capillary tube. When making these observations the sex of *Daphnia* was also defined. In the case of *Daphnia pulex* no enlargements were necessary for it.

Results

Reaction of *Daphnia* to the approach of other *Daphnia* individuals

The reactions of male and female *Daphnia* to the approach of other *Daphnia* individuals were different. Female *Daphnia* avoided the approaching individuals, male as well female, while males turned in their direction and then ran toward them. In exceptional cases, however, males behaved as females, i.e. ran away from the approaching individuals.

Table I
Behaviour of male *Daphnia* just after reaching the pursued individual

Behaviour of male	Number of observations
Grasp of female from her back side	75
Grasp of female from her abdominal side	9
Grasp of male from his back side	8
Grasp of male from his abdominal side	33

Because of this different reaction the course of a meeting of two *Daphnia* individuals depended upon their sex. When two females approached each other both very soon began to run away. Males ran after the females they met. When overtaking the female (as was usually the case) the male grasped her at her back and then turned to her abdominal

side and tried to copulate. Most interesting were the meetings of two males. They approached, then seized each other and clasped their abdominal sides together. After a short struggle they separated. In a very few cases only, a meeting of a male *Daphnia* with another individual had a different course than described above. Results of these observations are shown in Table I. One hundred and twenty-five observations of the behaviour of male *Daphnia* at the moment of catching up with other individuals were made, all of them haphazardly.

Reaction of *Daphnia* to the approach of a glass wand or to a fine stream of water

A slender wand was extended only to these individuals that had their heads turned upwards. Male and female individuals reacted differently to this stimulus.

Females avoided the approaching wand. When it approached from above, they ran away downwards. The course of their movement was therefore changed by 180° . A similar change of direction was observed when the wand approached from the front. When, however, it approached from behind, the course of their movement changed only slightly. When the wand approached from beneath, the females did not change their course when running away.

Male *Daphnia* moved towards the approaching wand and then attached themselves to it. In some cases they clung so fast that it was possible to draw them out of water with the wand. It was noticed that male *Daphnia* clung to a motionless wand as well. In only a few cases males ran away from the wand.

Both males and females reacted in the manner described above also when a glass tube 5 mm in diameter approached.

Observations on the reaction of *Daphnia* to streams of water squirted from a capillary tube were conducted on females only. Fine streams of water squirted downwards caused a strong reaction. Even if it passed at a considerable distance from an individual, that individual ran away downwards.

Catching *Daphnia* with a lifted or lowered tube

Catches were conducted on the same group of *Daphnia*. The glass tube was lowered into the water or lifted from the bottom. In both circumstances the distance covered by the tube as well as its speed (1.2 cm/sec) were the same. The experiment was made with the light on and then repeated in darkness. The results are shown in Table II. As

Table II

Number of *Daphnia* caught in a lowered or a lifted tube

Light conditions	Light from above		Darkness	
	Downward	Upward	Downward	Upward
Direction of the tube movement				
Number of repetitions	20	20	20	20
Total number of <i>Daphnia</i> caught in a tube	106	216	271	402
Mean	5.3	10.8	13.5	20.1

can be seen, when the light was on the number of individuals caught in the tube lifted from the bottom was twice as large as in the tube lowered into the water. In darkness the results were similar.

Catching *Daphnia* with a transparent or a blackened tube

This experiment consisted of two parts. First a transparent or a blackened tube was lowered into the water. The speed was always the same (1 cm/sec). Then a transparent or a blackened tube was lifted from the bottom. In this case the speed amounted to 1.3 cm/sec. The experiment was conducted with the light on.

Table III

Number of *Daphnia* caught in a blackened or a transparent tube

Direction of the tube movement	Downward		Upward	
	Blackened	Transparent	Blackened	Transparent
Degree of tube transparency				
Number of repetitions	25	25	15	15
Total number of <i>Daphnia</i> caught in a tube	49	129	75	143
Mean	2.0	5.2	5.0	9.5

It was observed that whether the tube was lowered or lifted, the number of individuals caught in the blackened tube was smaller than in the transparent one (see Table III).

Catching *Daphnia* with a tube in darkness and with the light on

Catching was conducted with the light on and in darkness. The tube was lowered into the water at the speed of 1 cm/sec. The results obtained are shown in Table IV. It can be seen that many more individuals were caught in darkness than with the light on.

Table IV

Number of *Daphnia* caught in a tube with the light on and in darkness

Light conditions	Light from above	Darkness
Number of repetitions	100	100
Total number of <i>Daphnia</i> caught in a tube	483	837
Mean	4.8	8.4

Catching *Daphnia* with a tube lowered into the water at different speeds

The tube was lowered at the following speeds: 0.33, 1.05, 1.5, 2.75 and 52 cm/sec. At each speed the tube was lowered 5 times consecutively. The total number of catches made at each speed amounted to 100. The experiment was conducted with the light on.

The next experiment was conducted in darkness. The speed and the method were the same as above.

The results of these experiments, as shown in Table V, were subjected to Student's test. As can be seen, when the light was on, the greatest number of *Daphnia* were caught when the tube was lowered very slowly (0.33 cm/sec) or very quickly (52 cm/sec). A smaller number were caught at the speed of 1.05 and 1.50 cm/sec. There was no essential difference in statistics for the speeds of 0.33 and 52 cm/sec.

Table V

Number of *Daphnia* caught in a tube lowered at different speeds

Light conditions	Light from above					Darkness				
Speed of tube movement in cm/sec	0.33	1.05	1.50	2.75	52.0	0.33	1.05	1.50	2.75	52.0
Number of repetitions	100	100	100	100	100	50	50	50	50	50
Total number of <i>Daphnia</i> caught in a tube	599	431	433	495	672	489	359	381	417	672
Mean	6.0	4.3	4.3	4.9	6.7	9.8	7.2	7.6	8.3	13.4

The second experiment produced similar results. In darkness, as well as with the light on, the largest number of *Daphnia* were caught when the tube was lowered very quickly or very slowly, and much fewer at the speed of 1.05 and 1.50 cm/sec.

Both these experiments have shown that the speed of the tube has an influence on the number of *Daphnia* caught.

Number of *Daphnia* caught with the tube in consecutive catchings

The tube was lowered into the water 25 times consecutively in the same manner. Each time the *Daphnia* individuals caught were counted. The same group of *Daphnia* was used all the time. Then this experiment was conducted on 7 other groups of *Daphnia*. All the corresponding results were added together.

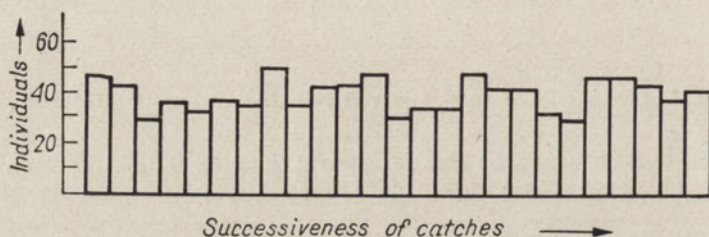


Fig. 2. Number of *Daphnia* caught in consecutive catches in a tube lowered at a speed of 1 cm/sec

As it can be seen in Fig. 2 there were no essential differences in the results of the initial and final catchings. It can be supposed, therefore, that repetition does not influence the results greatly. This conclusion, however, can be considered reliable only when repetitions are not too numerous. In this experiment as well as in others made previously the number of repetitions on the same group of *Daphnia* never exceeded 25.

Discussion

Biological significance of the reaction of *Daphnia* to the approaching objects

The flight of female *Daphnia* from approaching objects can be considered as biological adaptation, its aim being the defence against danger (mainly from predatory animals). This kind of adaptation is common in the animal world, therefore such an explanation seems justifiable. As the females ran away also from objects that were of no real danger to them (for instance other female or male *Daphnia*) it can be supposed that they were not able to discern the approaching objects.

The pursuit of females by males is without doubt the results of the sex instinct that renders the copulation possible. The pursuit of other males as well as moving wands can also be considered as a symptom of the sex instinct. Probably in these cases the males were not able to discern the approaching objects and mistook them for females. Such mistakes are not exceptional. Similar inclinations of male *Cyclops* were described by the same author in one of this previous works (Szlauer 1959).

The biological adaptation described here, as well as other forms of adaptation, aims at the preservation of the species. That is why the behaviour of the males rendering the copulation possible is favourable for *Daphnia* even if it makes them an easy prey for predatory animals. The behaviour of the females is advantageous as well. Though it makes copulation more difficult it increases their security against predatory animals.

**Factors conditioning the course of the reaction of *Daphnia*
to approaching objects**

During the examination of the reaction of *Daphnia* to the approaching tube it was noticed that this reaction was conditioned by several factors. One of them was the direction in which the tube moved. The number of *Daphnia* caught in the tube that was lifted from the bottom differed with that caught in the tube lowered into the water. This was, no doubt, caused by a different reaction of *Daphnia* to the lifting and lowering of the tube. It was observed that when the tube was lowered *Daphnia* sprang aside and then swam downwards. That is why they had a good chance to avoid the tube. When, however, the tube was lifted, *Daphnia* did not spring aside but fled upwards. In their flight they were overtaken by the tube and nearly all of them were caught in it. This behaviour of *Daphnia* was influenced by the position they kept when swimming (with their heads up). Therefore the tube that was lifted from the bottom approached them from below and the tube lowered into water, from above. Probably the speed of their flight also had an effect on the number of *Daphnia* caught in the tube. The force of gravity reduced the speed of their upward flight and quickened the downward flight. That is why *Daphnia* had less chance to run away from the tube that was lifted from the bottom.

The experiments conducted proved that *Daphnia* reacted to darkened objects: a greater number of individuals was caught in a transparent tube than in a blackened one. No doubt, in this case the reaction was visual. A black tube was easier to discern and therefore the flight was more successful. Based upon this experiment it can be supposed that *Daphnia* are able to see a blackened tube even if it approaches them from below. The fact that, when the tubes were lifted from the bottom, more *Daphnia* were caught in the transparent tube than in the blackened one, proves this. The experiments discussed permit the assumption of hypotheses on the reaction of *Daphnia* to the transparency of movable objects which they meet in natural conditions. Predatory animals are

probably difficult for *Daphnia* to perceive because of their transparency. This transparency is therefore an adaptation that aids predatory animals in their hunting. This applies especially to slow-moving predatory animals (*Corethra*, *Leptodora*). The observations described above corroborate the results of other authors. In daylight the number of *Crustacea* caught by them with a white net was much larger than with a black net. At night the amount of *Crustacea* was equal in both nets (Ulliyott 1939, and others).

The fact that more *Daphnia* were caught in the tube in darkness proves that there exists a correlation between the reaction of *Daphnia* to the approaching objects and light conditions. In the experiment the larger catch in darkness was the result of a less successful flight of *Daphnia*. The author's opinion is that this happens because *Daphnia* are much less skittish in darkness. The decrease of *Crustacea* activity in darkness (Patalas 1954) cannot be considered as a cause of this phenomenon. It does not seem probable that the activity of *Daphnia* would decrease immediately after the light is turned off and, it was observed that their flight from the tube decreased in successfulness as soon as the light was turned off.

The results of the research discussed above permit us to suppose that darkness also makes the flight of *Daphnia* from plancton-eating fish and from catching gear less successful. This supposition would explain the phenomenon observed by several investigators (Southern and Gardiner 1926, Ruttner 1930, Patalas 1954) namely that even when the same catching gear was used a larger number of *Crustacea* was caught at night than during the day-time.

Speed was another factor influencing the number of *Daphnia* caught in the tube. It was observed that the largest number of *Daphnia* was caught when the tube moved very slowly or very quickly. The fewest individuals were caught when the speed was medial (see Table V). Direct observations provided the explanation of this phenomenon. It was observed that when the movement of the tube was very slow (0.33 cm/sec) many *Daphnia* did not run away at all and were caught in it. Probably they did not notice its movement. It was impossible to observe the behaviour of *Daphnia* towards a quickly-moving tube. It can be supposed, however, that when the tube was lowered at such a speed (52 cm/sec.) *Daphnia* were not able to run away quickly enough and all the individuals that were in the way of the tube were drawn into it. It was observed that when the tube was lowered at a moderate speed many *Daphnia* succeeded in running away, and therefore fewer individuals were caught

in the tube. At that speed *Daphnia* perceived the movement of the tube which caused their flight. The movement was also slow enough for them to run away. Probably in natural conditions the number of *Daphnia* caught with the gear as well as by plancton-eating animals depends upon the speed of the gear and of the animal. Based on the results of the experiments discussed above, the catching gear or those animals that move very slowly or very quickly will have the best chance of catching *Daphnia*.

Receptors enabling *Daphnia* to react to approaching objects

One of the receptors that enable *Daphnia* to react to approaching objects is the eye. The reaction of *Daphnia* to blackened tubes, as well as the fact that they run away from a black wand passed outside but at a small distance from the glass container, supports this opinion.

Besides the eye there exist other receptors that perform similar functions. Results given in Tables III and V prove this. These data show that, in spite of the fact that *Daphnia* are unable to see objects in darkness, they react to the speed and the direction in which the tube moves in the same manner as when the light is on. Probably this reaction is effected by some sense organs receiving the stimulus of the waves produced by moving objects. The fact that the reaction of *Daphnia* to a fine stream of water was similar to their reaction to moving objects confirms this character of these receptors. It may be supposed that these receptors function not only in darkness (when eyes do not) but also in daylight. The reaction of *Daphnia* (with a light on) to the movement of a transparent tube, which is difficult to perceive because of its transparency, would confirm this. Therefore in daylight the reaction of *Daphnia* to moving objects is effected simultaneously by the eyes and by the sense organs receiving mechanical waves. In darkness only the later function.

Schröder (1960) reports that it is possible that Entomostraca can perceive disturbances arising in the water environment. He confirmed that *Mixodiaptomus laciniatus* possess echo-orientation. This consists in their receiving the mechanical waves caused by the quick movement of their mouth appendages and thrown back by some obstacle. He did not discover this faculty in *Cladocera*. This, however, does not mean that *Daphnia* cannot perceive the mechanical waves arising in their vicinity. According to Cohen and Dijkgraaf (1961), as well as to other authors, this kind of physical sensation can be felt by *Crustacea* and the sensory hairs on their bodies are agents for this.

REFERENCES

1. Cohen, M. J., and S. Dijkgraaf. 1961. Mechanoreception. In: Physiology of *Crustacea*, Vol. 2. Academic Press, New York and London.
2. Patalas, K. 1954. Ilościowe badania nad dobowymi i sezonowymi zmianami w rozmieszczeniu skorupiaków pelagicznych w jeziorze Charzykowo. Pol. Arch. Hydrobiol., 2: 31-155.
3. Ruttner, F. 1930. Das Plankton des Lunzer Untersees. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 23: 161-287.
4. Schröder, R. 1960. Echoorientierung bei *Mixodiaptomus laciniatus*. Naturwissenschaften. 47: 548-549.
5. Southern, R., and A. C. Gardiner. 1926. A preliminary Account of some Observations on the Diurnal Migration of the Crustacea of the Plankton of Lough Derg. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 15: 323-326.
6. Szlauer, L. 1959. Obserwacje nad rozmnażaniem się oczlika *Cyclops kolensis* Lilljeborg. Pol. Arch. Hydrobiol., 5: 111-120.
7. Ulllyott, P. 1939. Die täglichen Wanderungen der planktonischen Süßwasser-Crustaceen. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., 38: 260-284.

B. Czeczuga

Pionowe rozmieszczenie chlorofilu w niektórych jeziorach mazurskich

Zakład Biologii A.M. w Białymstoku

Otrzymano 12.IV.1963

Wstęp

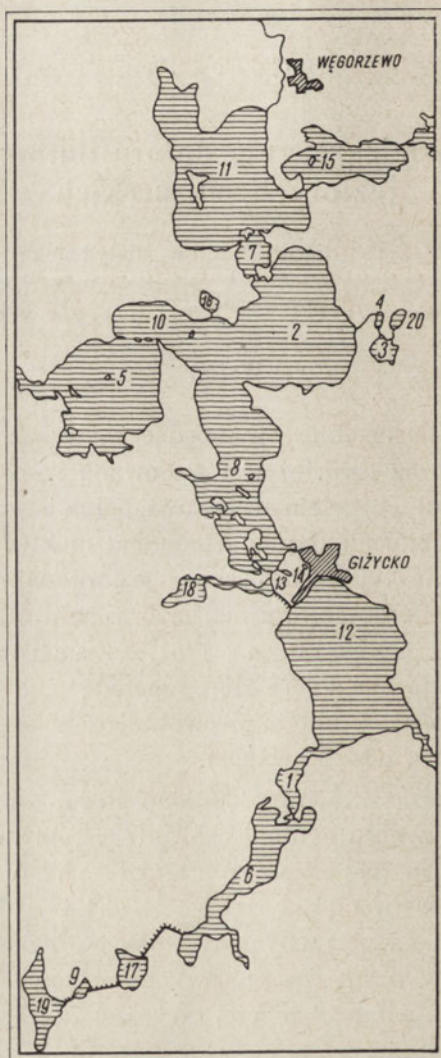
Metoda badania ilości chlorofilu, będącego wskaźnikiem ogólnej ilości fitoplanktonu, coraz częściej jest stosowana w podstawowych badaniach hydrobiologicznych celem uzyskania pełniejszych danych, charakteryzujących dany zbiornik. Badania bowiem niektórych hydrobiologów wskazują na istnienie tej zależności — jeziora najmniej produktywne zawierają mniejsze ilości chlorofilu, jeziora politroficzne — najwięcej (Winberg 1960, Czeczuga 1961, Zacharenkow 1961). W związku z tym ostatnio poleca się tę metodę jako jedną z pozwalających określić wielkość produkcji pierwotnej danego zbiornika wodnego (Gessner 1959, Winberg 1960).

Ponieważ dotychczas nie uwzględniono stosunków ilościowych chlorofilu przy opracowywaniu ogólnej charakterystyki limnologicznej Wielkich Jezior Mazurskich (Gieysztor i Odechowska 1958, Gieysztor 1959, Olszewski i Paschalski 1959), wskazane jest, zarówno ze względu na potrzeby nauki, jak i praktyki, uzyskać choćby przybliżony, wstępny obraz stosunków chlorofilowych zbiorników okolic Giżycka. A więc celem obecnej pracy jest dostarczenie najogólniejszych danych o stosunkach ilościowych chlorofilu jako materiału podstawowego, który może ułatwić dalsze badania tych jezior.

Badania rozpoczęto w 1961 roku w sierpniu, następnie powtórzono je w tym samym miesiącu w roku 1962. Badaniami objęto 20 jezior okolic Giżycka (rys. 1).

Metodyka pracy

W każdym badanym zbiorniku wykonywano przekrój, w którym co 0,5—5 m oznaczano temperaturę, zawartość tlenu (pominięto ten czynnik w 1962 r.) oraz pobierano wodę dla oznaczenia ilości chlorofilu. Mierzono też widzialność krążka Secchiego.



Rys. 1. Mapa jezior objętych badaniem (skala 1:150 000)

1 — Boczne, 2 — Dargin, 3 — Dgał Duży, 4 — Dgał Mały, 5 — Dobskie, 6 — Jagodne,
7 — Kirsajty, 8 — Kisajno, 9 — Kotek, 10 — Łabab, 11 — Mamry Północne, 12 — Niegocin,
13 — Popówka D., 14 — Popówka M., 15 — Święcajty, 16 — Kamionkowskie, 17 — Szymon,
18 — Tajty, 19 — Tałtowisko, 20 — Warniak

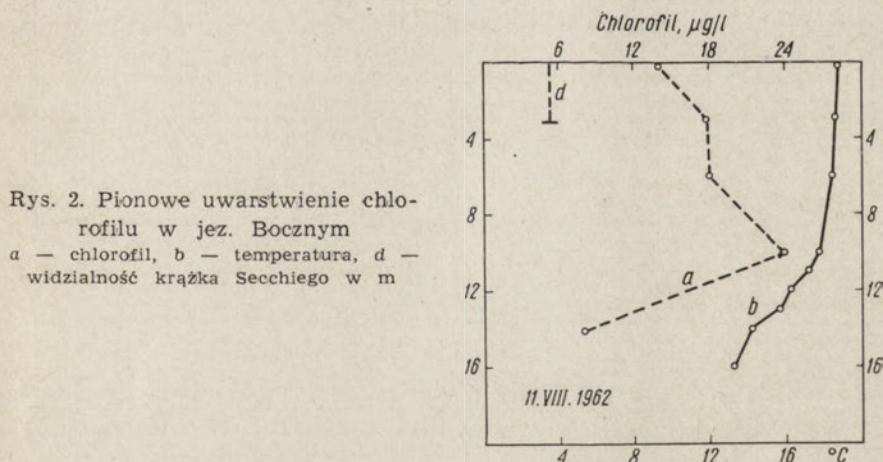
Próbki wody do oznaczania ilości chlorofilu pobierano czerpakiem Ruttnera z linką stalową i z kołowrotkiem Eltmana. Odpowiednią ilość pobranej wody wlewano do butelek z ciemnego szkła. Tego samego dnia wodę sączono przez sączki membranowe nr 0. Sączki podsuszano na powietrzu i do chwili ekstrakcji chlorofilu przechowywano je w ciemni. Ekstrakcji chlorofilu dokonywano przez dodanie odpowiedniej ilości 86% alkoholu etylowego. Oznaczanie ilości chlorofilu przeprowadzano na spektrofotometrze Beckman — 2400 przy długości fali 662,5 m μ , jak to czyniłem w pracy poprzedniej (Czeczuga 1964a). Temperaturę odczytywano na termometrze zamieszczonym w czerpaku Ruttnera, a oznaczenia tlenu dokonywano metodą Winklera w jej najprostszej postaci.

Wyniki badań

Wszystkie badane jeziora omawia się w układzie alfabetycznym. Wyniki zestawiono w postaci wykresów, przeciętne stosunki chlorofilowe podano w tabeli.

1. Jezioro Boczne. Jest to właściwie zatoka jeziora Niegocin nie traktowana dotychczas oddzielnie, aczkolwiek wykazuje ona zupełnie swoiste cechy (Olszewski i Paschalski 1959).

11.VIII.1962 stwierdzono dość głęboki epilimnion, sięgający prawie do 11 m, a skok cieplny występował tuż nad dnem. Próbkę wody w celu

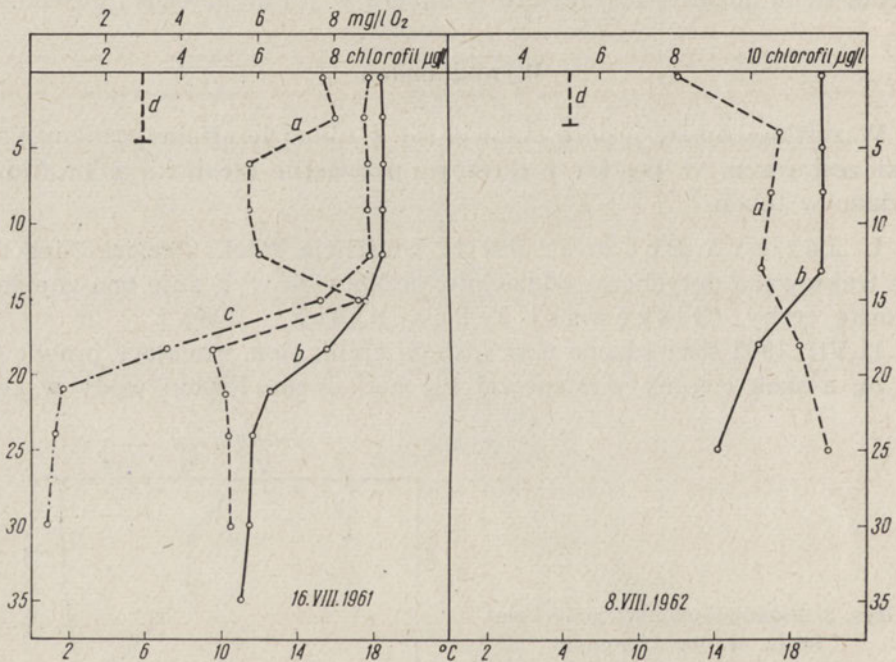


zbadań zawartości chlorofilu pobrano na głębokości 15,8 m, tj. na głęboczk. Widzialność krążka Secchiego na tym stanowisku — 3,1 m. W tym dniu na tym stanowisku na powierzchni jeziora stwierdzono 14,0 µg/l chlorofilu, w warstwach niżej leżących zawartość chlorofilu wzrastała, osiągając maksimum 24,0 µg/l na głębokości 10 m (rys. 2).

Tuż nad samym dnem, tj. na głębokości 14 m, stwierdzono tylko 8,16 $\mu\text{g/l}$ chlorofilu.

2. Jezioro Dargin. Stanowi ono centrum kompleksu jezior zwanych Mamrami. Na jezioro to wyjątkowo silnie działa wiatr (Olszewski 1951, Paschalski 1959), dlatego epilimnion jego sięga głęboko, a termoklina w zasadzie jest nieznaczna, ciepłota hypolimnionu — wysoka. Jest to jezioro o tachymiktycznym krążeniu.

16.VIII.1961. Stanowisko na 36 m. Epilimnion sięgał do 15 m, ciepłota wody dość wyrównana (18,2°). Temperatura hypolimnionu stosun-



Rys. 3. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Dargin

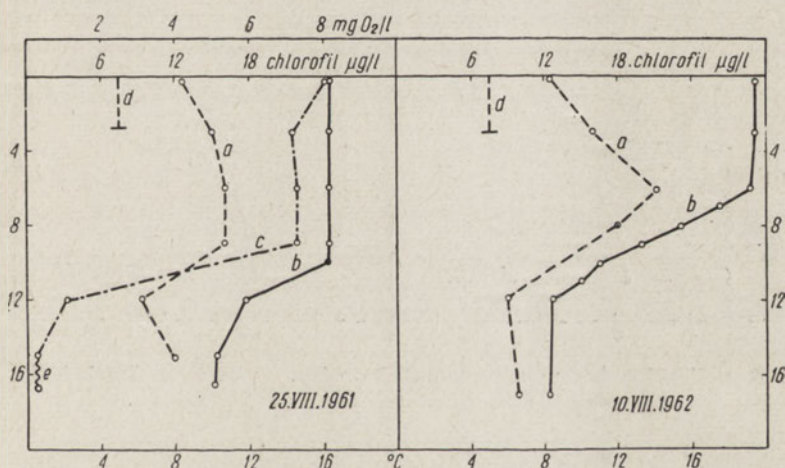
a — chlorofil, b — temperatura, c — tlen, d — widzialność krążka Secchiego w m

kowo wysoka (11,2—12,3°). Oksykliną w zasadzie pokrywała się z termokliną. Woda epilimnionu zawierała 7,6—8,88 mg O₂/l. W warstwach przydennych ilość tlenu zmniejszyła się do 0,32 mg/l. Widzialność krążka Secchiego — 4,5 m. W warstwie wody od powierzchni do głębokości 13 m stwierdzono około 8 $\mu\text{g/l}$ chlorofilu (rys. 3). Taką mniej więcej ilość chlorofilu zaobserwowano też na głębokości 15 m. W pozostałych warstwach stwierdzono o wiele mniejsze ilości chlorofilu — 4,76—6,0 $\mu\text{g/l}$.

8.VIII.1962. Stanowisko na głębokości 35,5 m. W związku z tym, że był silny wiatr i duża fala, próbki wody pobrano tylko z warstwy do głębokości 25 m. Epilimnion był dość głęboki, warstwa wody do 13 m głębokości miała ciepłotę wyrównaną. Na głębokości 25 m stwierdzono temperaturę $14,2^{\circ}$. Widzialność krążka Secchiego — 3,8 m. Jeśli chodzi o ilość chlorofilu, to nie stwierdzono znacznych różnic na poszczególnych głębokościach, wahała się ona w granicach od 8,16 do $12,0 \mu\text{g/l}$.

3. Jezioro Dgał Duży. Leży ono na terenie gospodarstwa doświadczalnego Zakładu Gospodarki Jeziorowej I.R.S. Według danych Zakładu, powierzchnia lustra tego jeziora wynosi $93,92 \text{ ha}$, maksymalna długość 1275 m , szerokość — 1110 m , długość linii brzegowej — 4403 m . Maksymalna głębokość wynosi $18,8 \text{ m}$, średnia — $5,75 \text{ m}$.

25.VIII.1961 próbki pobrano na głębokości 17 m. Widzialność krążka Secchiego — 2,8 m. Epilimnion był miernie ogrzany oraz wyrównany

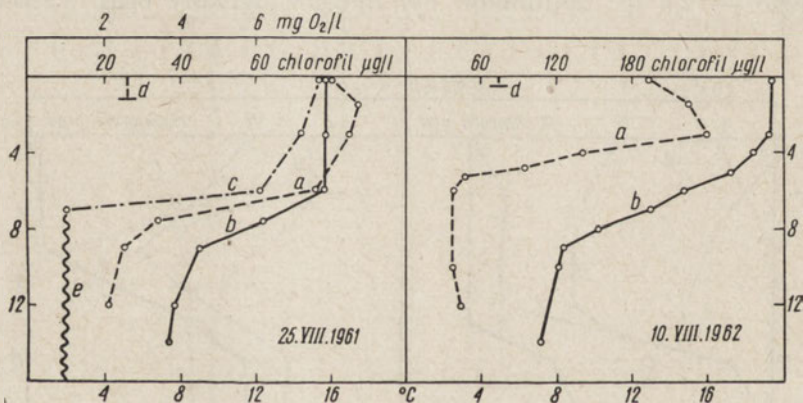


Rys. 4. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Dgał Duży
e — siarkowódór, pozostałe oznaczenia jak na rys. 3

do $16,4^{\circ}$, sięgał do 10 m. Ciepłota warstw hypolimnionu wynosiła mniej więcej 10° . Woda epilimnionu zawierała $8,24$ — $8,78 \text{ mg O}_2/\text{l}$, na głębokości 15 — $16,5 \text{ m}$ stwierdzono obecność siarkowodoru. Nadmienię, że wyniki analiz wykonanych w 1949 roku przez Olszewskiego (1953) nie wykazują obecności siarkowodoru. W epilimnionie stwierdzono sukcesywne wzrastanie ilości chlorofilu od powierzchni do warstw głębszych (rys. 4). Na powierzchni notowano $12,8 \mu\text{g/l}$ chlorofilu, a na głębokości 9 m — $16,0 \mu\text{g/l}$. W termoklinie stwierdzono tylko $9,33 \mu\text{g/l}$, w dolnych warstwach hypolimnionu ilość chlorofilu wzrosła do $12,12 \mu\text{g/l}$.

10.VIII.1962. Próbkę pobrano na głębokości 17,5 m. Przezroczystość wody wynosiła 3,0 m. Epilimnion sięgał do 6 m, był dobrze ogrzany ($19,3-19,6^{\circ}$), termoklina rozległa, woda hypolimnionu miała ciepłość ponad 8° . I tym razem przy dnie zanotowano siarkowodór. Podobnie jak to wykazały badania w roku poprzednim, od powierzchni do dolnych warstw epilimnionu ilość chlorofilu sukcesywnie wzrastała. Na powierzchni stwierdzono $12,5 \mu\text{g/l}$, na głębokości 6 m — $21,75 \mu\text{g/l}$. W warstwach niżej leżących ilość chlorofilu wahała się od $9,0$ do $18,0 \mu\text{g/l}$.

4. Jezioro Dgał Mały. Leży ono na terenie gospodarstwa doświadczalnego Zakładu Gospodarki Jeziorowej I.R.S. Według danych tego Zakładu powierzchnia jeziora wynosi $14,44 \text{ ha}$, maksymalna długość — 670 m , szerokość — 295 m , długość linii brzegowej — 1620 m . Maksymalna głębokość — $16,8 \text{ m}$, średnia — $4,59 \text{ m}$.



Rys. 5. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Dgał Mały
e — siarkowodór, pozostałe oznaczenia jak na rys. 3

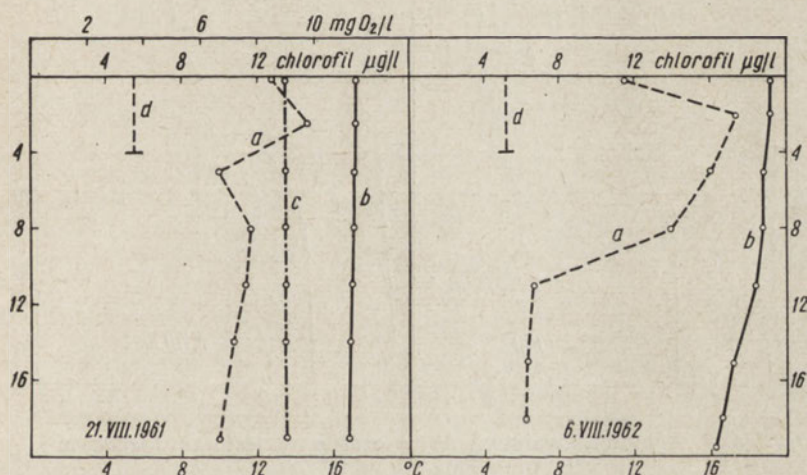
25.VIII.1961 stwierdzono epilimnion sięgający do 6 m, miernie ogrzany. Dolne warstwy hypolimnionu miały temperaturę $7,6-7,8^{\circ}$. Tlen notowano tylko w epilimnionie, poczynając już od $7,5 \text{ m}$ stwierdzono siarkowodór i to w dużej ilości. Próbkę wody, pobrane z epilimnionu, wykazały stosunkowo duże ilości chlorofilu $76,5-87,5 \mu\text{g/l}$ (rys. 5), a w hypolimnionie znacznie mniejsze — $21,0-34,0 \mu\text{g/l}$. Warto zaznaczyć, że w tym okresie występował znaczny zakwit wody sinicami. Widzialność krążka Secchiego — $1,1 \text{ m}$.

10.VIII.1962. Duży zakwit sinic, widzialność krążka Secchiego — $0,4 \text{ m}$. Epilimnion obejmował warstwę 5-metrowej grubości, skok cieplny kończył się na głębokości 8 m . Hypolimnion był miernie ogrzany. I w tym okresie badań na głębokości 5 m i głębiej występował siarkowodór. Stwierdzono też znacznie większe ilości chlorofilu aniżeli w roku po-

przednim. Poniżej powierzchni ilość chlorofilu wzrastała i osiągnęła maksimum na głębokości 3 m ($240 \mu\text{g/l}$), następnie zaczęła maleć, na głębokości 10 m zanotowano tylko $45,9 \mu\text{g/l}$.

5. Jezioro Dobskie. Jest to zachodnia część całego kompleksu Mamr. Olszewski i Paschalski uważają je za część składową jeziora Niebolskiego. Powierzchnia lustra wody wg Bernatowicza i Radzieja (1960) — $1719,5 \text{ ha}$.

21.VIII.1961. Próbkę pobrano na głęboczku (20 m) na wschód od wyspy Kormoranów. Widzialność krążka Secchiego — 4 m. Temperatura całej miąższości wody była prawie jednolita. Warstwy powierzchniowe wody zawierały ciepłotę $17,2^\circ$, warstwy przydenne $16,8$ — $17,0^\circ$. Jest to typ-



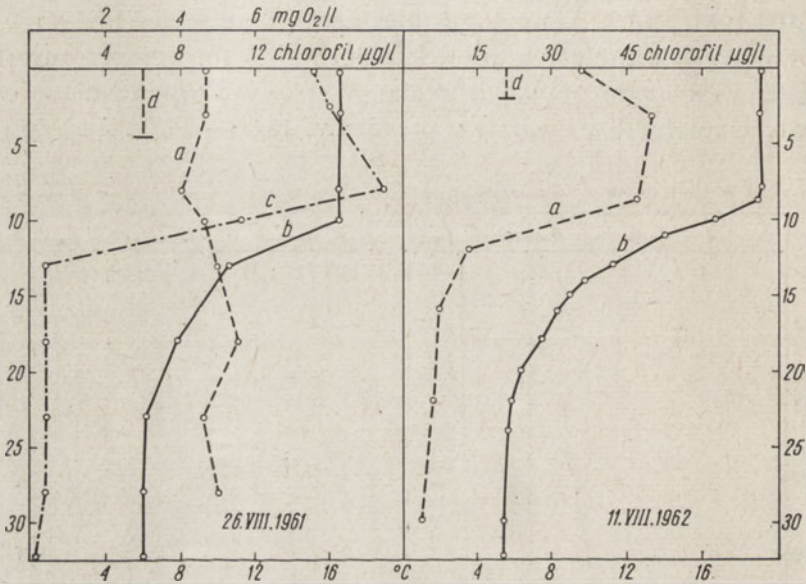
Rys. 6. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Dobskim
Oznaczenia jak na rys. 3

wy przykład krążenia tachymiktycznego (Olszewski 1959). Żadnych różnic w stosunkach ilościowych tlenu na poszczególnych głębokościach nie stwierdzono. Największą ilość chlorofilu notowano na głębokości 2,5 m — $14,72 \mu\text{g/l}$, na powierzchni — $12,8 \mu\text{g/l}$, w pozostałych warstwach stwierdzono nieco mniejsze jego ilości $10,0$ — $11,72 \mu\text{g/l}$ (rys. 6).

6.VIII.1962. Widzialność krążka Secchiego wynosiła 4 m. Temperatura wody była mniej wyrównana niż w roku poprzednim. Warstwy przydenne miały ciepłotę równą $16,3$ — $16,6^\circ$. Na powierzchni jeziora woda zawierała $11,5 \mu\text{g/l}$ chlorofilu, maksimum — $17,4 \mu\text{g/l}$ wystąpiło na głębokości 2 m, a poniżej 11 m, w pobliżu warstw przydennych ilość chlorofilu zmniejszyła się do $6,3$ — $6,74 \mu\text{g/l}$.

6. Jezioro Jagodne. Traktuje się je jako całość bez rozczłonowania. Powierzchnia wg Olszewskiego i Paschalskiego (1959) — 936,0 ha.

26.VIII.1961. Badania przeprowadzono na głęboczku naprzeciw osady Jagodne Małe na głębokości 35,5 m. Widzialność krążka Secchiego — 4,5 m. Epilimnion sięgał do 10 m, był wyrównany i miernie ogrzany — 16,6. Średnie ciepłoty przydenna — 6,1°. Woda hypolimnionu była ubo-



Rys. 7. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Jagodnym
Oznaczenia jak na rys. 3

ga w tlen. Siarkowodoru wszakże nie stwierdzono. Ilość chlorofilu nie przekraczała 11,68 $\mu\text{g/l}$. Znacznych różnic na poszczególnych głębokościach nie notowano (rys. 7).

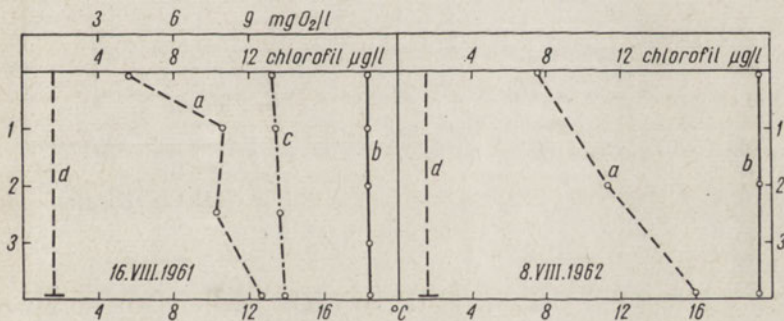
11.VIII.1962. Widzialność krążka Secchiego była nieznaczna — 1,9 m. Bardzo duży zakwit sinicy *Aphanizomenon flos-aquae*. Głębokość na tym stanowisku (ten sam głęboczek co i w 1961 r.) wynosiła 36 m. Epilimnion rozciągał się do 9 m, był dobrze nagrany, termoklina gwałtownie opadała i nie była zbyt gruba. Hypolimnion rozpoczynał się na głębokości 14 m, 6-metrowa warstwa przydenna miała ciepłotę 5,4°. W epilimnionie stwierdzono dużą ilość chlorofilu (37,2—52,5 $\mu\text{g/l}$), maksimum na głębokości 3 m (rys. 7). W górnych warstwach hypolimnionu notowano tylko 8,64 $\mu\text{g/l}$ chlorofilu.

Analiza wody pobranej z powierzchni tego jeziora tuż przy kanale Kula, gdzie była ona bardziej zielona niż w pozostałej jego części,

wykazała 58,13 $\mu\text{g/l}$ chlorofilu. Jak mi wiadomo z piśmiennictwa, zdania co do działu wodnego Wielkich Jezior Mazurskich są podzielone. Niektórzy uważają, że woda jeziora Niegocin płynie w kierunku Śniardw, inni znów, że działem wodnym jest kanał Kula, a więc woda Niegocina płynie w kierunku Mamr Północnych. W dniu pobierania próbek na tych jeziorach obserwowałem zjawisko, które przemawia za tym, że działem wodnym Wielkich Jezior Mazurskich jest właśnie kanał Kula. Otóż 11.VIII.1962 płynąc po jeziorach Niegocin (brzeg wschodni), Boczne, Jagodne i Tałtowisko, zaobserwowałem od samego kanału Kula mniejszy lub większy zakwit. Największy był on w jeziorze Jagodnym tuż przy samym kanale Kula. Natomiast po drugiej stronie kanału, gdzie się zaczyna jezioro Boczne, i na jeziorze Niegocin nie było żadnego zakwitu, a więc kanał o długości około 25 m odcinał od siebie te dwa jeziora.

7. Jezioro Kirsajty. Jest to jezioro o powierzchni 212 ha, wg Olszewskiego i Paschalskiego (1959), stosunkowo płytkie, o maksymalnej głębokości 5 m. Dno jest porośnięte roślinnością podwodną.

16.VIII.1961. Próbkę pobierano na głębokości 4,8 m. Widzialność krążka Secchiego wynosiła 4,5 m. Temperatura całej miąższości wody była wyrównana i stosunkowo wysoka — 18,6°. Ilość tlenu stosunkowo duża



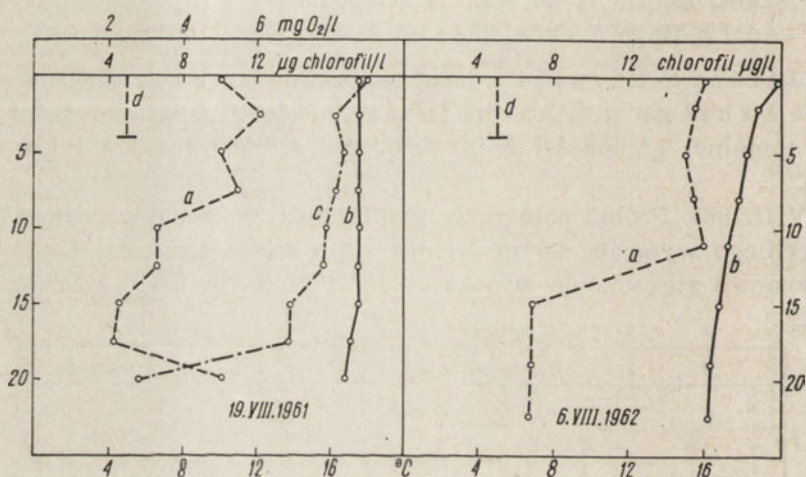
Rys. 8. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Kirsajty
Oznaczenia jak na rys. 3

z lekko zaznaczającą się odwrotną stratyfikacją. W tym dniu stwierdzono 5,75—12,56 $\mu\text{g/l}$ chlorofilu. Najmniejszą ilość notowano na powierzchni jeziora, największą na głębokości 4 m (rys. 8).

8.VIII.1962. Widzialność krążka Secchiego — 4 m. Ciepłota wody wyrównana i wahała się w granicach 20,0—20,5°. Chlorofilu było nieco więcej aniżeli w roku poprzednim (7,65—16,0 $\mu\text{g/l}$). Natomiast rozmieszczenie jego na poszczególnych głębokościach było podobne jak poprzedniego lata. Minimalna ilość chlorofilu była na powierzchni jeziora — maksymalna tuż nad dnem.

8. Jezioro Kisajno. Wchodzi w skład całego kompleksu Mamr. Powierzchnia bez podziału na części składowe wynosi 2536 ha (Ol-szewski i Paschalski 1959). Jako maksymalną głębokość Ol-szewski (1951) podaje 24 m. Próbkę pobierano na głęboczku koło Dębowej Górki.

19.VIII.1961. W miejscu stanowiska głębokość wynosiła 21,5 m. Widzialność krążka Secchiego — 4 m. Przekrój termiczny wykazał brak spotykanego zazwyczaj uwarstwienia cieplnego. Cała 15-metrowa warstwa w zasadzie miała taką samą temperaturę (17,6°), tylko nad dnem stwierdzono 16,8°. Krzywa tlenowa jest zgodna z krzywą termiczną. Nad



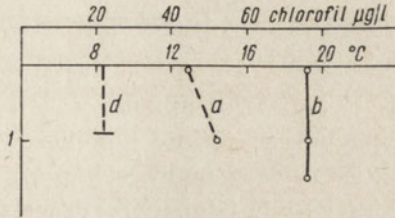
Rys. 9. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Kisajno
Oznaczenia jak na rys. 3

dnem stwierdzono znaczne ubytki tlenowe. Od powierzchni do głębokości 7,5 m ilość chlorofilu wahała się od 10,13 do 12,12 $\mu\text{g/l}$ (rys. 9). Natomiast na głębokości 10—15 m notowano zmniejszone ilości chlorofilu (4,75—6,75 $\mu\text{g/l}$). Na głębokości 20 m ilość chlorofilu wzrosła ponownie do 10,8 $\mu\text{g/l}$.

6.VIII.1962. Stanowisko na głębokości 23,5 m. Widzialność krążka Secchiego — 4 m. Jezioro było bardzo spokojne, wobec czego stwierdzono tzw. skok wierzchni. Temperatura całej miąższości nieznacznie się różniła. Jeśli wziąć pod uwagę rozmieszczenie chlorofilu w jeziorze, można je podzielić na dwie warstwy — górną do 11 m głębokości zawierała dużą ilość chlorofilu (15,0—16,0 $\mu\text{g/l}$), warstwa zaś przydenna poniżej 15 m znacznie mniej (6,75—6,96 $\mu\text{g/l}$).

9. Jezioro Kotek. Leży na Kanale łączącym jezioro Szymon z jeziorem Tałtowisko. Głębokość maksymalna 2 m. Próbkę pobrano 11.VIII.1962 tuż przy pogłębionej trasie dla statków. Przezroczystość —

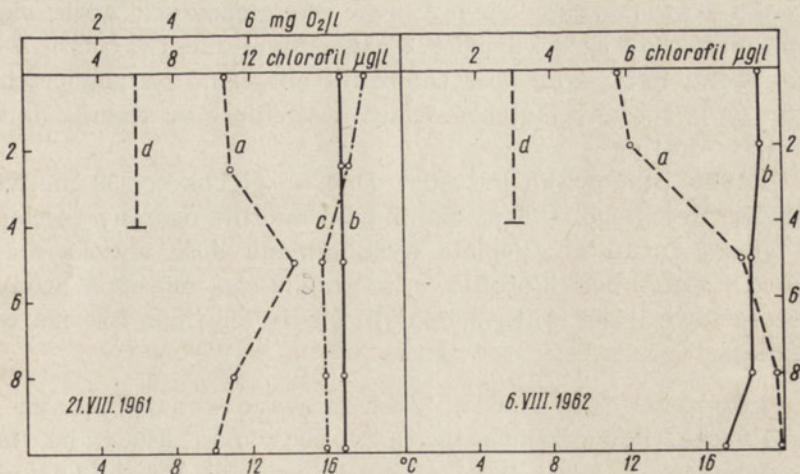
Rys. 10. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Kotek
Oznaczenia jak na rys. 3



0,9 m. Temperatura wody wyrównana była i wynosiła 19,2°. Na powierzchni w wyniku analiz stwierdzono 45,0 µg/l chlorofilu, a na głębokości 1 m — 52,5 µg/l (rys. 10).

10. Jezioro Łabab. Jest to część zachodnia kompleksu Niebolskiego o powierzchni 364 ha (Olszewski i Paschalski 1959). Próbkę pobierano na głęboczku naprzeciwko osady Łabab.

21.VIII.1961. Głębokość — 10,5 m, widzialność krążka Secchiego — 4 m. Temperatura wody była wyrównana i wynosiła 16,8°. Stosunki tlenowe były również mniej więcej jednakowe na poszczególnych głębokościach. W każdym bądź razie nie stwierdzono ubytków tlenowych w warstwach przydennych. Maksimum chlorofilu stwierdzono na głębokości 15 m (14,3 µg/l) w pozostałych warstwach notowano nieco mniejsze jego ilości (10,8—11,0 µg/l) (rys. 11).



Rys. 11. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Łabab
Oznaczenia jak na rys. 3

6.VIII.1962. Głębokość 13 m, widzialność krążka Secchiego — 4 m. Ciepłota wyrównana do 8 m, w warstwach niżej leżących nieco mniej-sza. Na głębokości 12,5 m stwierdzono 16,2°. Krzywa chlorofilowa wskazuje, że ilość chlorofilu sukcesywnie wzrastała od powierzchni do warstw przydennych. O ile na powierzchni stwierdzono 5,8, to nad samym dnem — 12 $\mu\text{g/l}$.

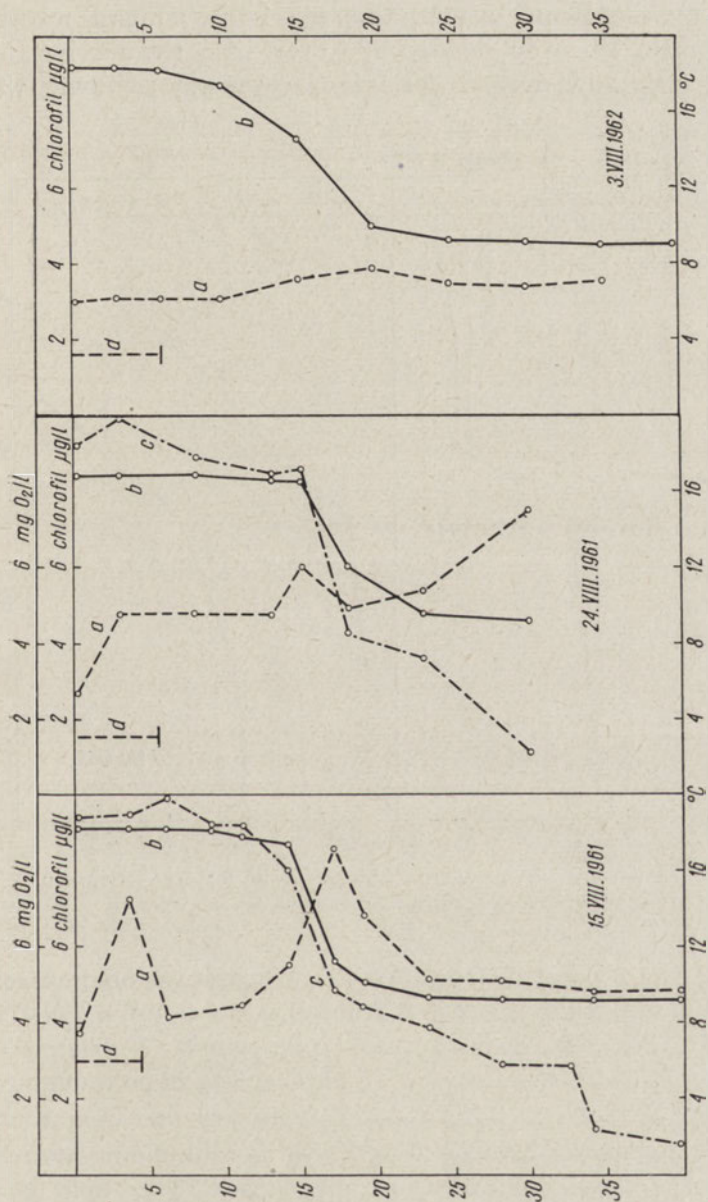
11. Jezioro Mamry Północne. Jest to najbardziej wysunięte na północ jezioro kompleksu Mamr. Próbkę pobierano na głęboczkach Przyszań oraz naprzeciwko wyspy Dębowej.

15.VIII.1961. Głęboczek Przyszań. Dno na głębokości 40 m. Widzialność krążka Secchiego — 4,20 m. Epilimnion o miernej ciepłocie rozpościerał się do 14 m, skok termiczny gwałtownie opadał, ciepłota hypolimnionu wynosiła mniej więcej 9°. Charakter krzywej tlenowej mniej więcej odpowiadał termicznej. Im głębiej, tym mniej było tlenu i warstwy przydenne zawierały go tylko 0,88 mg O_2/l . Znamienne w stosunkach ilościowych chlorofilu było to (rys. 12), że stwierdzono dwa maksima. Jedno na głębokości 3 m (7,64 $\mu\text{g/l}$), drugie na głębokości termokliny (8,68 $\mu\text{g/l}$). Na pozostałych głębokościach notowano mniejsze ilości chlorofilu (3,74 — 6,84 $\mu\text{g/l}$), minimum stwierdzono na powierzchni jeziora.

24.VIII.1961. Głęboczek wyspa Dębowa. Dno na głębokości 33 m. Widzialność krążka Secchiego — 5,5 m. Nastąpiło znaczne ochłodzenie wody i obniżenie termokliny. Epilimnion sięgał do 15 m, jego ciepłota wynosiła 16,4—16,7°. Ciepłota hypolimnionu 9,2—9,6°. Krzywa tlenowa mniej więcej taka sama jak na stanowisku Przyszań. Stwierdzono i na tym stanowisku dwa maksima chlorofilowe. Na głębokości, gdzie się kończył epilimnion (6,0 $\mu\text{g/l}$) i drugi tuż nad samym dnem (7,5 $\mu\text{g/l}$). I w danym wypadku minimalną ilość chlorofilu notowano na powierzchni jeziora (2,7 $\mu\text{g/l}$). Na innych głębokościach ilość chlorofilu wahała się w granicach 4,64—5,44 $\mu\text{g/l}$.

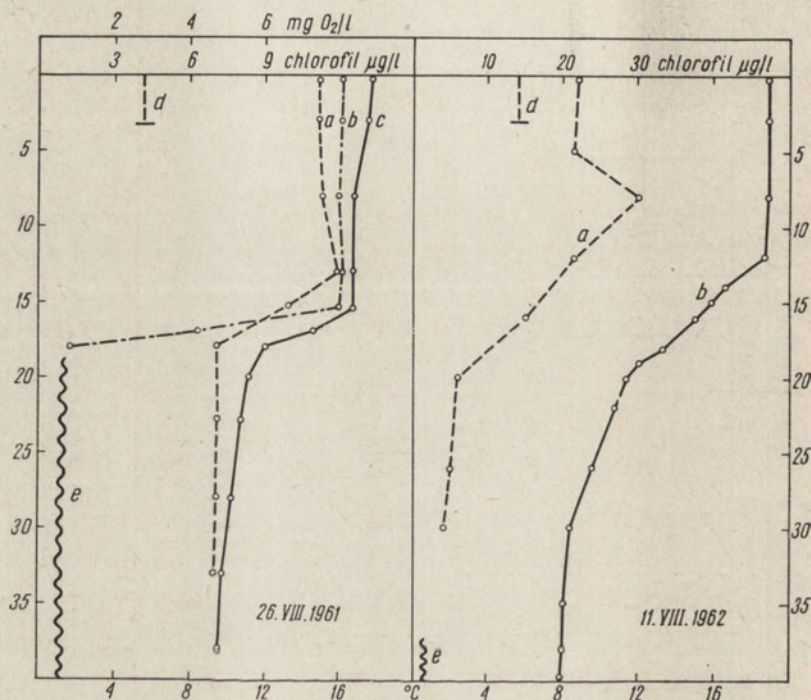
3.VIII.1962. Stanowisko Przyszań. Dno na głębokości 39 m. Widzialność krążka Secchiego — 6 m. Epilimnion miernie ogrzany rozciągał się mniej więcej do 10 m. Ciepłota hypolimnionu dość wysoka 9,0—9,3°. Jeśli chodzi o stosunki chlorofilowe, to prawie cała miąższość wody miała go jednakowe ilości (3,18—3,81 $\mu\text{g/l}$), i były one mniejsze niż w roku poprzednim.

12. Jezioro Niegocin. Jest to jedno z największych jezior okolic Giżycka. Powierzchnia lustra wody wynosi 2498,8 ha, maksymalna głębokość — około 40 m (Kondracki i Richling-Kondracka 1950). Próbkę pobierano na głęboczkach tuż przy samym Giżycku.



Rys. 12. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Mamry Północne
Oznaczenia jak na rys. 3

26.VIII.1961. Dno na głębokości 39 m. Widzialność krążka Secchiego — 3,2 m. Stwierdzono dość gruby epilimnion — 15,5 m miernie ogrzany ($16,4^{\circ}$), skok termiczny raptownie opadał. Ciepłota hypolimnionu wysoka. Na głębokości poniżej 19 m do samego dna brak było tlenu, a występował w dużej ilości siarkowódór. W jeziorze zarysowują się dwie warstwy



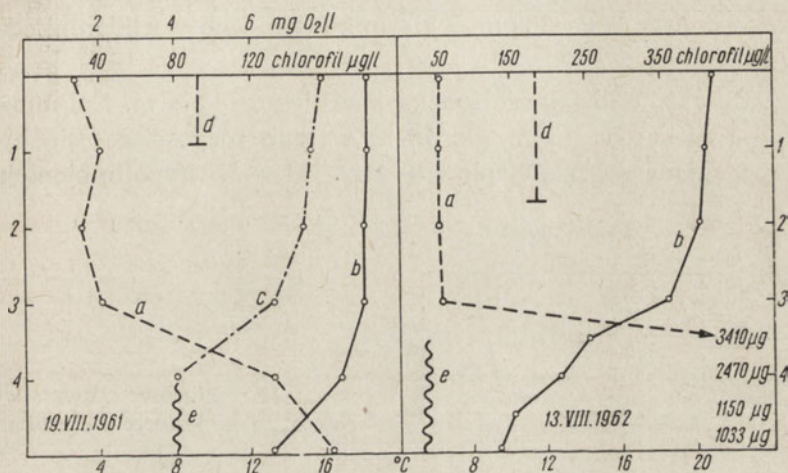
Rys. 13. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Niegocin
e — siarkowódór, pozostałe oznaczenia jak na rys. 3

różniące się ilością chlorofilu (rys. 13). Górna warstwa, obejmująca cały epilimnion, zawierała 10,4—12,12 $\mu\text{g/l}$ chlorofilu, dolna tylko 7,0—7,5 $\mu\text{g/l}$.

11.VIII.1962. Ten sam głęboczek co i poprzednio. Widzialność 3 m. Epilimnion wyrównany, sięgający do 13 m. Ciepłota hypolimnionu mniej więcej około 9° . Największe ilości chlorofilu stwierdzono w epilimnionie, maksimum na głębokości 8 m (30,0 $\mu\text{g/l}$). W hypolimnionie stwierdzono o wiele mniejsze ilości chlorofilu, na głębokości 20 m było go tylko 6,3 $\mu\text{g/l}$.

13. Jezioro Popówka Duża. Jest to nieduże jezioro o powierzchni 6,9 ha i maksymalnej głębokości 6 m. Otoczone jest wysokim lasem, połączone wykopanym kanałem z jeziorem Kisajno.

19.VIII.1961. Widzialność krążka Secchiego — 0,9 m. Epilimnion do-
brze ogrzany i bardzo cienki, bo zaledwie grubości 3 m. Tuż nad samym
dnem stwierdzono $13,2^{\circ}$. Krzywa tlenowa odpowiada krzywej termicz-
nej. Od 4 m w głąb stwierdzono występowanie siarkowodoru. Zaobser-
wowano też różnice w ilości chlorofilu na poszczególnych głębokościach
(rys. 14). Na powierzchni zanotowano $27,5 \mu\text{g/l}$ chlorofilu, na głębokości



Rys. 14. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Popówka Duża
e — siarkowódór, pozostałe oznaczenia jak na rys. 3

1 m było go znacznie więcej, na głębokości 2 m było go prawie tyle co na powierzchni, a poniżej 3 m ilość chlorofilu sukcesywnie wzrastała i na głębokości 5 m osiągnęła maksimum $162,0 \mu\text{g/l}$.

13.VIII.1962. Widzialność krążka Secchiego 1,7 m. Mniej więcej do 2 m rozciągał się epilimnion, poniżej tej głębokości notowano ciągły spadek temperatury i na głębokości 5 m ciepota wynosiła tylko $9,5^{\circ}$. Siarkowódór występował poniżej 3,5 m. W 3-metrowej górnej warstwie ilość chlorofilu wahała się od $51,0$ do $55,5 \mu\text{g/l}$, natomiast już na głębokości 3,5 m gwałtownie wzrosła do $3410 \mu\text{g/l}$. W niższych warstwach nieznacznie się zmniejszyła, jednak utrzymała się w granicach 1033 — $2470 \mu\text{g/l}$.

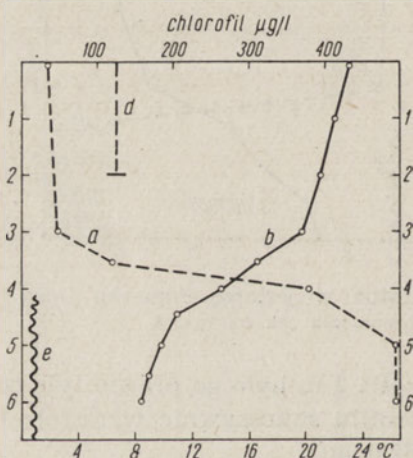
14. Jezioro Popówka Mała. Jest to jezioro mniej więcej o takiej samej powierzchni co i poprzednie, o maksymalnej głębokości 6,1 m. Leży ono w samym Giżycku.

13.VIII.1962. Widzialność krążka Secchiego — 2 m. Epilimnion był bardzo cienki ze skokiem wierzchnim. Termoklina gwałtownie opadała, hypolimnion był dość ochłodzony, albowiem na głębokości 6 m stwierdzono tylko $8,4^{\circ}$. Siarkowódór wykryto poniżej 4,5 m. W powierzchni-

wej warstwie o grubości 3 m stwierdzono 35,0—48,0 $\mu\text{g/l}$ chlorofilu (rys. 15). Poniżej 3,5 m ilość chlorofilu wzrastała i maksimum osiągnęła w warstwie przydennej (522,5—538,6 $\mu\text{g/l}$).

15. Jezioro Święcayty. Powierzchnia lustra wody wynosi 829,0 ha, maksymalna głębokość — 28 m (Olszewski 1953). Połączone jest ono przesmykiem z Mamrami Północnymi. Przekrój wykonano w odległości 200—300 m w kierunku północno-wschodnim od wyspy Kociej.

19.VIII.1961. Widzialność krążka Secchiego — 3,3 m. Epilimnion sięgał mniej więcej do 12 m. Od 16 m w głąb rozpościerał się hypolimnion zawierający wysoką ciepłotę — 11,9—11,4°. W hypolimnionie stwier-

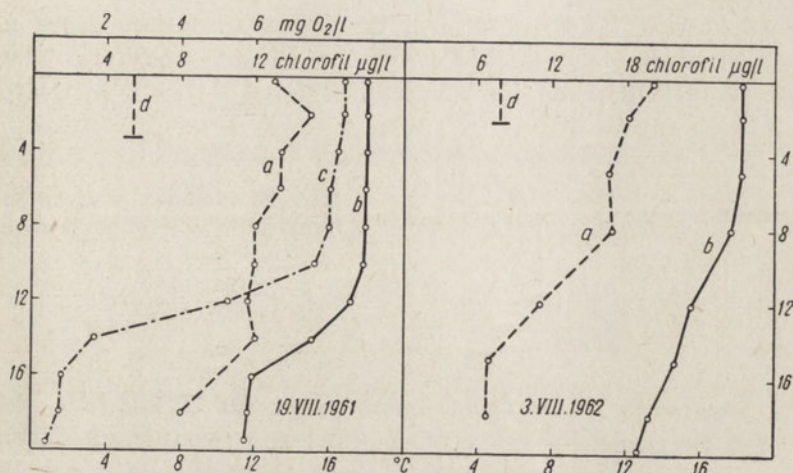


Rys. 15. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Popówka Mała
e — siarkowódór, pozostałe oznaczenia jak na rys. 3

dowano znaczny ubytek rozpuszczonego tlenu. Pokrywa się to w ogólnym zarysie z obserwacjami Olszewskiego (1953), Gieysztora i Odechowskiej (1958).

Dane co do ilości chlorofilu nie wykazały większych zmian na poszczególnych głębokościach (rys. 16). Do głębokości 14 m notowano 11,2—15,0 $\mu\text{g/l}$ chlorofilu. Na głębokości 18 m ilość chlorofilu wynosiła tylko 8,0 $\mu\text{g/l}$.

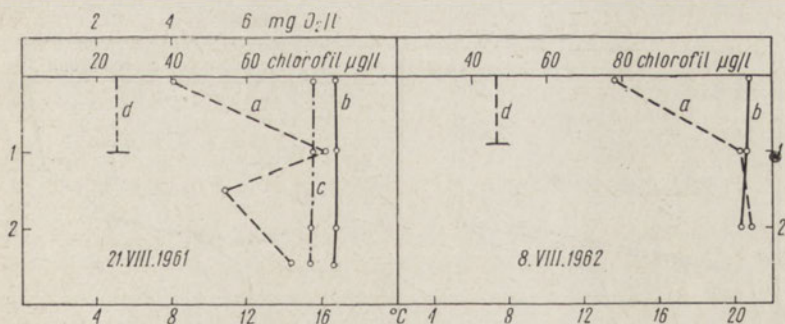
3.VIII.1962. Widzialność krążka Secchiego — 2,3 m. W tym roku prawdopodobnie epilimnion był nieco płytszy, albowiem już na głębokości 12 m rozpościerała się termoklina. Hypolimnion był bardziej ogrzany aniżeli w roku poprzednim. W tym roku stwierdzono większe ilości chlorofilu w górnych warstwach jeziora. Miąższość wody od powierzchni do 12 m zawierała 11,0—19,0 $\mu\text{g/l}$ chlorofilu. Warstwy niżej leżące zawierały o wiele mniejsze ilości chlorofilu — około 6,0 $\mu\text{g/l}$.



Rys. 16. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Świącjay
Oznaczenia jak na rys. 3

16. Jezioro Sztynorskie — (Kamionkowskie). Powierzchnia lustra wynosi 43,6 ha, maksymalna głębokość — 3,1 m (dane Zakładu Gospodarki Jeziorowej I.R.S.). Jest z Łababem połączone przekopany rowem. Próbkę pobierano na głębokości 3,0 m, miejsc głębszych nie udało się znaleźć.

21.VIII.1961. Widzialność krążka Secchiego — 1,0 m. Cała warstwa wody wymieszana. Ciepłota jej wynosiła 16,4—16,6°. Ilość tlenu wahała

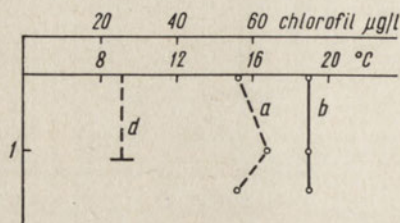


Rys. 17. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Kamionkowskim
Oznaczenia jak na rys. 3

się od 7,76 (przy dnie) do 7,84 mg/l w warstwie powierzchniowej. Ilość chlorofilu od 40,0 do 81,0 µg/l (rys. 17). Najmniejszą jego ilość notowano na powierzchni, maksymalną na głębokości 1 m.

8.VIII.1962. Widzialność krążka Secchiego — 0,9 m. Ciepłota całej miąższosci 20,6—20,9°. Na powierzchni stwierdzono 78 µg/l, na głębokości 2 m — 114,0 µg/l chlorofilu.

17. Jezioro Szymon. Jest to nieduże jeziorko, leżące na trasie Wielkich jezior Mazurskich. Powierzchnia lustra wody wg Olszewskiego (1951) 181,1 ha i maksymalna głębokość — 3 m. Natrafiono

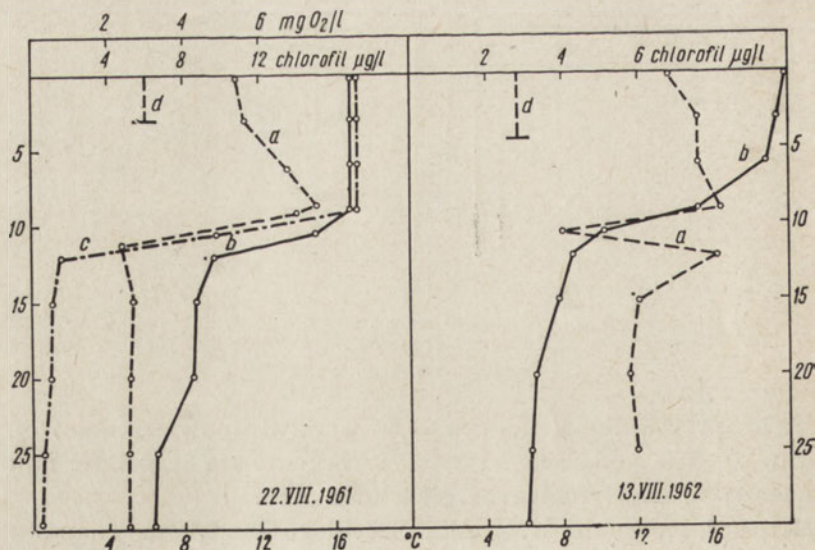


Rys. 18. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Szymon
Oznaczenia jak na rys. 3

tylko na 2-metrową i na niej dokonano przekroju 11.VIII.1962. Widzialność krążka Secchiego — 1,1 m. Cała miąższość wody była ogrzana do $19,0^{\circ}$. Chlorofil występował w niej w ilości 56,0—64,0 $\mu\text{g/l}$ (rys. 18).

18. Jezioro Tajty. Powierzchnia lustra wody wg Kondrackiego (1953) 240,7 ha i maksymalna głębokość 34,0 m. Badania przeprowadzono na głęboczkach Tajt Wrońskich, raczej na głęboczkach głównym wg Olszewskiego (1953).

22.VIII.1961. Stanowisko na głębokości 31,5 m. Widzialność krążka Secchiego — 3 m. Epilimnion rozpościerał się mniej więcej do 9 m. Termoklina opadała gwałtownie, przechodząc w zróżnicowany termicznie hypolimnion, którego przydenne warstwy miały ciepłotę $6,4^{\circ}$. Epilimnion był dobrze natleniony, dalej przechodził w gwałtowną oksyklinę,

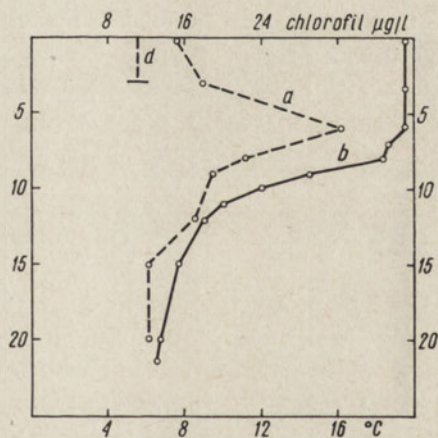


Rys. 19. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Tajty
Oznaczenia jak na rys. 3

w hypolimnionie ilość tlenu zmniejszyła się do minimum. Wbrew przypuszczeniom siarkowodoru nie wykryto. Profil chlorofilowy wyraźnie dzieli się na dwa odcinki (rys. 19). Górny do głębokości 10,5 m zawiera stosunkowo dużą ilość chlorofilu (10,8—15,0 $\mu\text{g/l}$), dolny poniżej 10,5 m znacznie mniejszą (4,93—5,44 $\mu\text{g/l}$).

13.VIII.1962. Stanowisko na głębokości 30 m. Widzialność krążka Secchiego — 4,3 m. Epilimnion przeciętny, skok raptowny i hypolimnion o wyrównanej temperaturze znacznie ochłodzony. Jak wynika z profilu chlorofilowego, znacznych różnic w jego ilości na poszczególnych głębokościach nie stwierdzono. Ilość chlorofilu wynosiła od 4,06 $\mu\text{g/l}$ na głębokości 10,5 m do 8,16 $\mu\text{g/l}$ na głębokości 9 i 12 m. W porównaniu z rokiem ubiegłym epilimnion zawierał znacznie mniejsze ilości chlorofilu.

19. Jezioro Tałtowisko. Powierzchnia tego jeziora wynosi 323,5 ha, głębokość — 35 m (Olszewski i Paschalski 1959). Przekroju dokonano 11.VIII.1962 na głębokości 21,0 m. Widzialność krążka Secchiego — 2,8 m. Epilimnion sięgał do 7 m, termoklina rozpościerała się do 11 m, przechodząc w zróżnicowany termicznie hypolimnion,

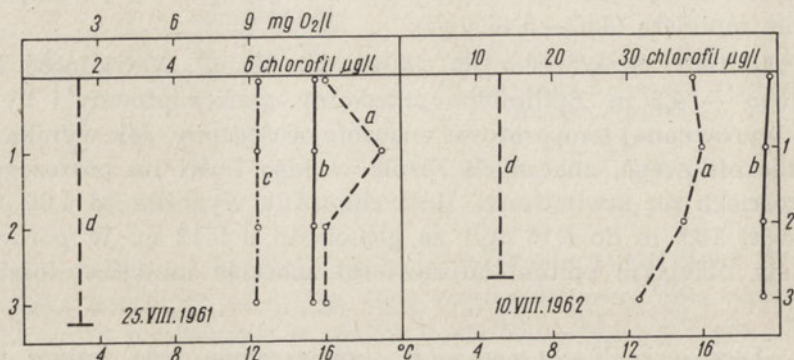


Rys. 20. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Tałtowisko
Oznaczenia jak na rys. 3

którego ciepłota nad dnem wynosiła 6,7°. Ilość chlorofilu wzrastała do głębokości 6 m, gdzie osiągnęła maksimum (33,0 $\mu\text{g/l}$), a w warstwie niższej zaczęła maleć (rys. 20).

20. Jezioro Warniak. Jezioro to leży na terenie gospodarstwa doświadczalnego Zakładu Gospodarki Jeziorowej I.R.S. Według danych tego Zakładu powierzchnia lustra jeziora wynosi 39,5 ha, a maksymalna głębokość — 3,6 m. Maksymalna długość wynosi 990 m, maksymalna szerokość — 520 m.

25.VIII.1961. Stanowisko na głębokości 3,2 m (środek jeziora). Widzialność krążka Secchiego do dna. Stwierdzono homotermię, nie notowano żadnych różnic ilościowych tlenu na poszczególnych głębokościach.



Rys. 21. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Warniak
Oznaczenia jak na rys. 3

Stwierdzono stosunkowo małe ilości chlorofilu (8,0—9,68 µg/l) bez szczególnego zróżnicowania na poszczególnych głębokościach (rys. 21).

10.VIII.1962. Stanowisko na głębokości 3,5 m. Widzialność krążka Secchiego — 2,7 m. Zaobserwowano znaczny zakwit. Ciepłota całej miąższości wody była w zasadzie wyrównana (19,2—19,7°). Stwierdzono znacznie więcej chlorofilu niż w roku ubiegłym (33,6—38,4 µg/l), choć na powierzchni jeziora zwykła ta była nieznaczna.

Omówienie wyników

Z poczynionych obserwacji wynika, że stosunki ilościowe chlorofilu na poszczególnych głębokościach poszczególnych jezior układały się różnie. W uszeregowaniu jezior wg krzywych chlorofilowych, jak to czynił Solski (1962), napotyka się trudności. W jednym i tym samym jeziorze notowano różne uwarstwienie chlorofilowe. Jest to zgodne z obserwacjami Rileya (1939, 1940) na jeziorze Linsley. Zbyt dużo czynników działa na pionowe rozmieszczenie fitoplanktonu, a więc i na stosunki ilościowe chlorofilu. Są to czynniki natury bio- i abiotycznej, wpływające różnie na stosunki ilościowe chlorofilu. Jednym z czynników kształtujących stosunki ilościowe chlorofilu w warstwach powierzchniowych zbiorników są promienie słoneczne (Czeczuga 1963). Pod ich wpływem różnym w różnych porach dnia stosunki ilościowe chlorofilu układają się rozmaicie dla poszczególnych gatunków glonów. A więc zarys krzywej chlorofilowej w górnych warstwach epilimnio-

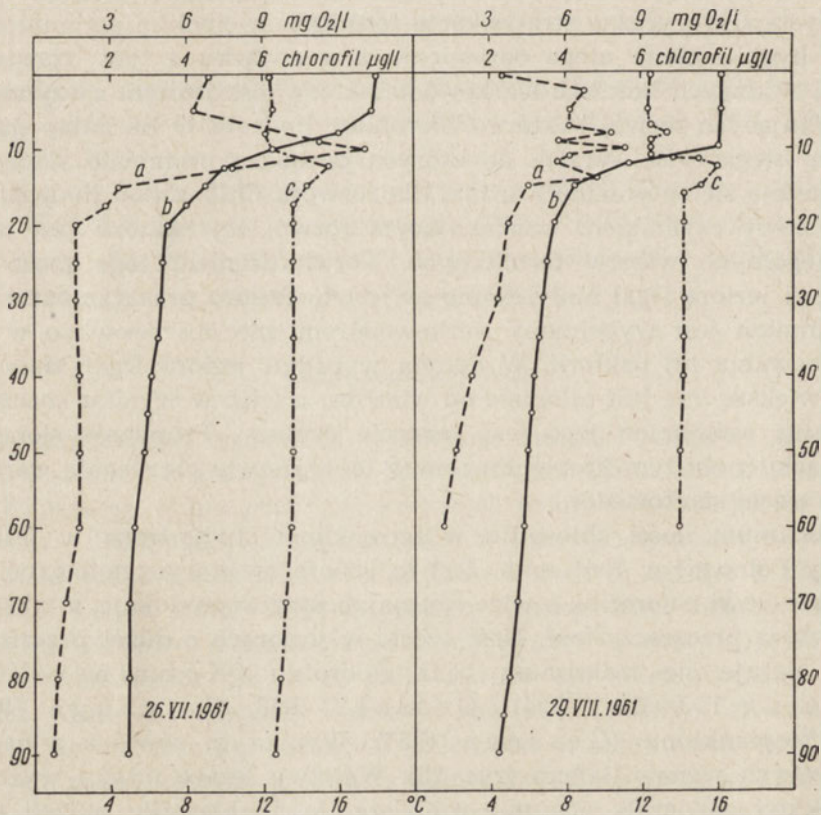
nu może zależeć od stanu pogody w danej porze dnia, a także od składu gatunkowego fitoplanktonu, a przede wszystkim od gatunków dominujących w danej warstwie. Znaczną rolę odgrywa morfologia danego zbiornika wodnego, jego otoczenie oraz kształt linii brzegowej (Ichimura 1961). Dane morfologiczne zbiornika kształtują typ krążenia w nim, co również ma wielki wpływ na stosunki chlorofilowe (Czeczuga 1964), a także na wielkości produkcji pierwotnej (Eccles 1962). W jeziorach przeżyźnionych z bradymiktycznym krążeniem w okresie letniej stagnacji wytwarzają się często optymalne warunki dla rozwoju zielonej bakterii *Chlorobium limicola* Nads, której intensywny rozwój wpływa w znacznym stopniu na stosunki chlorofilowe. Takie zjawisko obserwowałem w jeziorze Mutek z grupy Jezior Legińskich (Czeczuga 1964a) oraz w jeziorach Popówka Mała i Duża. Znamienne dla usytuowania tych dwóch jezior jest to, iż są one otoczone wysokim lasem, który w znacznym stopniu hamuje wpływ wiatru na mieszanie się wody. Dzięki temu w jeziorach tych, mimo że są one płytkie, występuje wyraźna stratyfikacja termiczna z cienkim epilimnionem. Woda hypolimnionu ulega odtlenieniu i w związku z tym zjawia się w niej w dużych ilościach siarkowodor, który jest jednym z czynników warunkujących rozwój bakterii *Chlorobium limicola*. O ile pułap siarkowodoru sięga tych warstw, do których dochodzą promienie słoneczne, wytwarzają się optymalne warunki dla rozwoju *Chlorobium limicola*. Innymi słowy czynnikiem warunkującym rozwój tej bakterii jest układ poszczególnych warstw termicznych. Potwierdzeniem tego może być przykład jeziora Dgał Mały. Mimo że jest to jezioro przeżyźnione i cały hypolimnion jest wypełniony siarkowodorem, nie obserwowano w nim występowania tej bakterii. W danym wypadku jezioro Dgał Mały jest nieco większe, nie jest osłonięte od wiatrów, a więc w wyniku znacznego mieszania epilimnion jego jest znacznie grubszy. Promienie słoneczne w związku z obfitym fitoplanktonem w tej warstwie nie sięgają warstwy zawierającej siarkowodor.

Maksimum ilości chlorofilu w termoklinie stwierdzono w jeziorze Mamry Północne w 1961 roku. Jest to jezioro, w którym notowano najmniejsze ilości chlorofilu, a więc jest najuboższe w produkcję, a także ma największą przezroczystość. Dość często w jeziorach o dużej przezroczystości notuje się maksimum bądź chlorofilu (Kozmiński 1938, Manning i Juday 1941, Gessner 1948, Czeczuga 1964a), bądź fitoplanktonu (Gessner 1957). Wynika to również z danych dotyczących jeziora Hańcza (rys. 22). Warstwy leżące niżej i wyżej od termokliny zawierały znacznie mniejsze ilości chlorofilu aniżeli sama termoklina jeziora Hańcza. Taki układ chlorofilowy bynajmniej nie jest jedyny dla danego typu jezior. W jednym i tym samym jeziorze nawet

w tym samym sezonie maksimum chlorofilowe w termoklinie może zanikać.

Na uwagę zasługuje minimum chlorofilowe w termoklinie jeziora Tajty (rys. 19) oraz na pograniczu termokliny i hypolimnionu jeziora Dgał Wielki (rys. 4). Potwierdza to jeszcze moje obserwacje, poczynione na Jeziorach Rajgrodzkich (Czeczuga 1958) oraz w niektórych jeziorach grupy Legińskiej (Czeczuga 1964a), mówiące o możliwości występowania minimum chlorofilowego w termoklinie. Wynika to również z danych Solskiego (1962 s. 140, rys. 16) o pionowym uwarstwieniu chlorofilu w jeziorze Ostrowite, mimo to autor pisze, że w żadnym jeziorze nie stwierdził minimum ilości chlorofilu w termoklinie.

Dane tabeli I przedstawiają średnie z otrzymanych wyników dla epilimnionu w poszczególnych latach badań. Użyto do tego porównania tylko danych z epilimnionu dlatego, że najczęściej glony, znajdujące się w tej



Rys. 22. Pionowe uwarstwienie chlorofilu w jeziorze Hańcza
Oznaczenia jak na rys. 3

warstwie, w decydującym stopniu biorą udział w produkcji. Oczywiście pomijam krańcowe przypadki takie jak jeziora Mała i Duża Popówka lub jeziora typu oligotroficznego, w których to promienie świetlne przenikają i do termokliny, gdzie kształtują się optymalne warunki dla rozwoju glonów. Z tabeli widać, że w ogólnym zarysie wszystkie jeziora dzielą się na dwie zasadnicze grupy. Jedna z nich — to jeziora z mniej lub dalej posuniętą eutrofią, drugą grupę stanowią jeziora politroficzne, w znacznym stopniu przeżyźnione i niektóre z nich o polimiktycznym krążeniu wg określenia Wiszniewskiego (1954). O ile występuje uwarstwienie termiczne, to cały hypolimnion jest odtleniony i występuje w nim w dużej ilości siarkowodor. Są to jeziora: Dgał Mały, Popówka Duża i Mała. Jeśli chodzi o przeciętne ilości chlorofilu w jeziorach tej grupy, to wynoszą one kilkadziesiąt lub kilkaset μg w jednym litrze wody. Na specjalną uwagę zasługuje jezioro Warniak, w którym to w 1961 r. notowano bardzo małe, jak na jezioro takiego typu, ilości chlorofilu. Dno tego jeziora nawet w śródziejerzu jest pokryte makroflorą. Być może odgrywa ona dominującą rolę w produkcji pierwotnej w tym jeziorze.

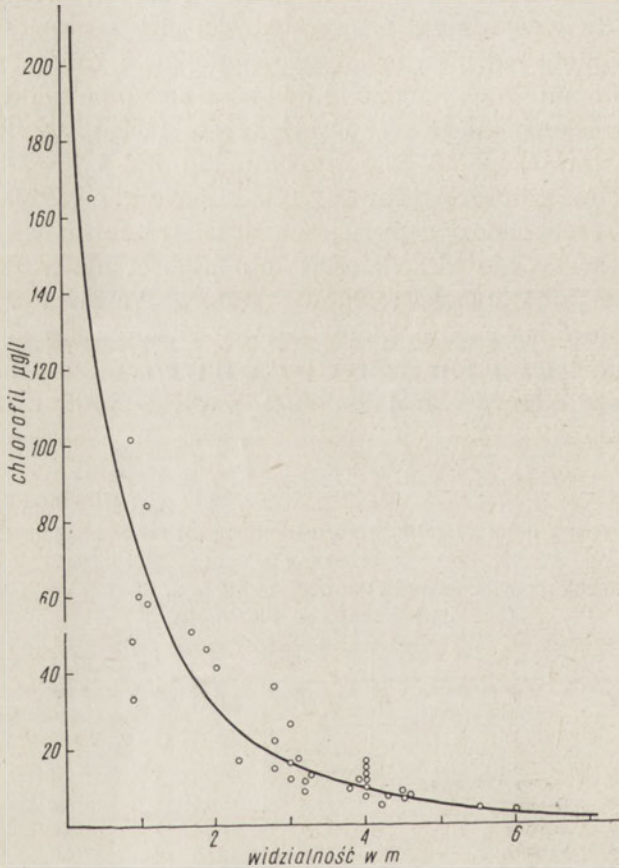
Tabela I

Przeciętne ilości chlorofilu w warstwie trofogenicznej poszczególnych jezior ($\mu\text{g/l}$)

Mean chlorophyll content in the trophogenic layer of examined lakes during 1961 and 1962 ($\mu\text{g/l}$)

L.p.	Nazwa jeziora Name of lake	1961	1962	Przeciętna za okres 2 lat Mean content for 2 years
1	Mamry Północne	5,5	3,3	4,4
2	Dargin	7,0	9,8	8,4
3	Jagodne	9,0		9,0
4	Kirsajty	9,4	11,6	10,5
5	Łabab	11,6	9,3	10,5
6	Tajty	12,9	7,6	10,3
7	Kisajno	9,5	15,4	12,4
8	Dobskie	11,9	14,7	13,3
9	Święcajty	13,2	17,7	15,4
10	Dgał Duży	15,1	17,1	16,1
11	Niegocin	11,2	25,1	18,1
12	Boczne	—	18,4	18,4
13	Tałtowisko	—	22,3	22,3
14	Warniak	—	36,0	36,0
15	Popówka Duża	34,7	52,0	43,3
16	Kotek	—	48,7	48,7
17	Szymon	—	60,0	60,0
18	Popówka Mała	—	67,7	67,7
19	Kamionkowskie	61,8	101,5	81,6
20	Dgał Mały	82,2	201,1	141,6

Nieco większą liczbę jezior obejmuje grupa pierwsza. W skład jej wchodzi jeziora przejściowe od zbliżonych do typu oligotroficznego do posiadających mierną eutrofię. Najbardziej ubogie w zawartość chlorofilu jest jezioro Mamry Północne (przeciętna za okres 2 lat 4,4 $\mu\text{g/l}$). Nieco



Rys. 23. Ilość chlorofilu (w warstwie trofogenicznej) i widzialność krążka Secchiego

większą ilość chlorofilu notowano w jeziorze Dargin (8,4 $\mu\text{g/l}$). Pozostałe jeziora stanowią serię ciągłą do jezior eutroficznyc, najbardziej zeutrofizowane w grupie pierwszej są jeziora Niegocin i Boczne.

Warto nadmienić, że niektóre z tych jezior badał pod względem przezroczystości, utlenialności wody, azotu, fosforu i planktonu skorupiakowego Gieysztor (1959), ujmując wyniki badań w postaci oceny punktowej. Układając jeziora wg wzrastającej ilości punktów Gieysztor (1959) otrzymał: Mamry Północne → Dargin → Kisajno → Dobskie → Święcajty → Dgał Duży.

W badaniach przeciętnej ilości chlorofilu w poszczególnych jeziorach otrzymałem wprost zdumiewająco podobne wyniki w układzie tych jezior w sukcesywnym szeregu.

Jak wiadomo, fitoplankton obok innych komponentów w wodzie wpływa w pewnym stopniu na widzialność krążka Secchiego. Na rys. 23 przedstawiony jest wykres rozrzutu, obrazujący z jednej strony ilość chlorofilu w górnej warstwie poszczególnych jezior, a z drugiej strony widzialność krążka Secchiego. W jeziorach z dużą przezroczystością widzimy mniejszy zakres wahań ilości chlorofilu, natomiast w jeziorach politroficznych o małej przezroczystości stwierdzono większy zakres wahań ilości chlorofilu. Taką samą przezroczystość stwierdzono w jeziorze Popówka Duża (1961) i Kamionkowskie (1962). W pierwszym z nich średnia ilość chlorofilu wynosi 34,7, w drugim 101,5 $\mu\text{g/l}$. Niewątpliwie powyższe zjawisko można tłumaczyć tym, że w jeziorach politroficznych znaczny wpływ na widzialność mają jeszcze inne czynniki. Jeziora polimiktyczne, jak pisze Wiszniewski (1954), a takim właśnie jest jezioro Kamionkowskie, ulegają podczas lata wielokrotnemu przemieszaniu całej masy wody, co niewątpliwie ma wpływ na mniejszą przezroczystość wody danego zbiornika.

Powyższe badania zostały wykonane przy pomocy Zakładu Gospodarki Jeziorowej I.R.S. w Giżycku z inicjatywy prof. dr Mariana Gieysztora. Kierownikowi Zakładu Gospodarki Jeziorowej I.R.S. w Giżycku prof. drowi Stanisławowi Bernatowiczowi za umożliwienie zebrania materiału i za doskonale zorganizowanie pomocy przy pobieraniu prób serdecznie dziękuję.

Koszty badań w 1961 r. pokrył Komitet Hydrobiologiczny PAN, natomiast w 1962 r. badania prowadziłem na koszt własny, w czasie urlopu.

PIŚMIENNICTWO — ЛИТЕРАТУРА — BIBLIOGRAPHY

1. Bernatowicz S., Radziej J., 1960. Badania ilościowe flory naczyniowej Jeziora Dobskiego. Pol. Arch. Hydrobiol. 7: 29—60.
2. Czeczuga B., 1958. Zawartość chlorofilu w fitoplanktonie jezior Rajgrodzkich. Acta Soc. Bot. Pol. 27(4): 541—561.
3. Czeczuga B., 1961. Sadržanije chlorofila i pierwicznaja produkcja w Rajgrodzkich oziarach raznogo tipa. Pierwicznaja produkcja morej i wnutriennich wodojomow, Mińsk, 266—269.
4. Czeczuga B., 1963. Changes in chlorophyll amount in water of ponds during the day. Acta Hydrobiol., 5 (2—3): 137—145.
5. Czeczuga B., 1964. *Chlorobium limicola* Nads. and the distribution of chlorophyll in some lakes of the Mazur Lake District. Hydrobiologia (Den Haag) (w druku).
6. Czeczuga B., 1964a. Letnie stosunki chlorofilowe jezior grupy Legińskiej. Zeszyty Naukowe WSR w Olsztynie (w druku).

7. Eccles D. H., 1962. An internal wave in Lake Nyasa and its probable significance in the nutrient cycle. *Nature (London)*, 194(4831):832—833.
8. Gessner F., 1948. The vertical distribution of phytoplankton and the thermocline. *Ecology*, 29(3):386—389.
9. Gessner F., 1957. Van Gölü, zur Limnologie des grossen Soda-Sees in Ostanatolien (Türkei). *Arch. f. Hydrobiol.*, 53:1—22.
10. Gessner F., 1959. *Hydrobotanik. B. II*, Berlin, s. 701.
11. Gieysztor M., 1959. On a continuous series of lakes. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 6:175—187.
12. Gieysztor M. and Odechowska Z., 1958. Observations on the thermal and chemical properties of Mazurian Lakes in the Giżycko region. *Pols. Arch. Hydrobiol.*, 4:123—152.
13. Ichimura Shun-ei, 1961. On the spatial difference of the primary production in the lake and its relation to environmental factors. *Bot. Mag. (Tokyo)*, 74(871):6—13.
14. Kondracki J., 1953. Morfologia jeziora Tajty. *Roczn. Nauk Roln.*, 67-D:9—22.
15. Kondracki J. i Richling-Kondracka W., 1950. Morfologia jeziora Niegocin. *Przegląd Geograf.*, 22:141—148.
16. Koźmiński Z., 1938. O rozmieszczeniu chlorofilu w niektórych jeziorach Stanu Wisconsin w Am. Póln., *Arch. Hydrobiol. i Ryb.*, 11: 120—163.
17. Manning W. M. and Juday R. E., 1941. The chlorophyll content and productivity of some lakes in northeastern Wisconsin. *Trans. Wis. Acad. Sci., Arts and Let.*, 33—363—393.
18. Olszewski P., 1951. Dotychczasowe wiadomości z zakresu chemizmu jezior na Mazurach. *Kosmos*, Ser. A. 66(4):411—459.
19. Olszewski P., 1953. Kilka przekrojów chemicznych z jezior Pojezierza Mazurskiego. *Ekologia Pol.*, Ser. A. 1(2):29—47.
20. Olszewski P., 1953a. Obserwacje chemiczne z jeziora Tajty. — *Roczn. Nauk Roln.*, 67—D:23—65.
21. Olszewski P., 1959. Stopnie nasilenia wpływu wiatru na jeziora. — *Zeszyty Naukowe WSR w Olsztynie*, 4:111—132.
22. Olszewski P. i Paschalski J., 1959. Wstępna charakterystyka limnologiczna jezior Pojezierza Mazurskiego. *Zeszyty Naukowe WSR w Olsztynie*, 4:1—109.
23. Paschalski J., 1959. Tachymiksja jeziora Dargin. — *Zeszyty Naukowe WSR w Olsztynie*, 9:253—291.
24. Riley G. A., 1939. Correlation in aquatic ecology. With an example of their application to problems of plankton productivity. *J. Marine Res.*, 2,56—73.
25. Riley G. A., 1940. Limnological studies Connecticut. III. The plankton of Linsley pond. *Ecol. Monographs*, 10:279—306.
26. Solski A., 1962. Chlorofil w sestonie jako wskaźnik produktywności kilkunastu jezior w Polsce. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 10:111—165.
27. Winberg G. G., 1960. Pierwiczna produkcja wodojomow, Mińsk, s. 329.
28. Wiszniewski J., 1954. Uwagi w sprawie typologii jezior polskich. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 1:11—23.
29. Zacharenkow I. S., 1961. Soderzhanije chlorofilla w planktonie ozior raznych tipow. Pierwiczna produkcja morej i wnutrennich wodojomow, Mińsk, 241—242.

Б. Чечуга

Вертикальное распределение хлорофилла в некоторых мазурских озёрах

Резюме

Во время летней стагнации 1961—1962 г. были проведены исследования по вертикальному распределению хлорофилла на самых глубоких местах 20 озёр окрестностей Гижика. Одновременно измерялась видимость диска Секи, температура и в первом году исследований — кислород. Полученные данные представлены на рис. 2—23, а также в таблице I.

На основании полученных данных автор пришёл к выводу, что вертикальное распределение хлорофилла во время летней стагнации в одном и том же озере может быть разное.

В озёрах, крайне эвтрофных, с брадымиктической циркуляцией воды, в летний период, между эпи- и гипolimнионом или в самом гипolimнионе выступает часто зелёная сероводородная бактерия — *Chlorobium limicola* Nads. Развитие её в больших количествах определяет максимальное количество хлорофилла в температурном скачке или в гипolimнионе озёр этого типа (озеро Попувка Дужа и Попувка Мала).

В результате этих исследований, обследованные озёра можно поделить на две группы (табл. I). Для озёр одной из этих групп характерна более-менее умеренная эвтрофия, озёра другой группы представляют крайне эвтрофный, политрофный тип.

Озёра, входящие в состав первой группы, представляют собой непрерывный ряд, начиная с наименее эвтрофного озера, как Мамры Пулноцнэ, до более эвтрофных озёр, как Негоцин и рядом с ним лежащее озеро Бочне.

Некоторые озёра этой группы, а именно те, которые были обследованы с точки зрения гидрохимии Гейштором (1959), укладываются в такой самой последовательности и по количественному содержанию хлорофилла.

Список рисунков

1. Карта обследованных озёр (масштаб 1 : 150 000) 1 — Бочне; 2 — Даргин; 3 — Дгал Дужы; 4 — Дгал Малы; 5 — Добске; 6 — Ягодне; 7 — Кирсайты; 8 — Кисайно; 9 — Котек; 10 — Лабаб; 11 — Мамры Пулноцнэ; 12 — Негоцин; 13 — Попувка Дужа; 14 — Попувка Мала; 15 — Свенцайты; 16 — Камёнковске; 17 — Шымон; 18 — Тайты; 19 — Талтовиско; 20 — Варняк.

2. Вертикальное распределение хлорофилла в озере Бочном.
3. Вертикальное распределение хлорофилла в озере Даргин.
4. Вертикальное распределение хлорофилла в озере Дгал Дужы.
5. Вертикальное распределение хлорофилла в озере Дгал Малы.
6. Вертикальное распределение хлорофилла в озере Добском.
7. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Ягодном.
8. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Кирсайты.
9. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Кисайно.
10. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Котек.
11. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Лабаб.
12. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Мамры Пулноцнэ.
13. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Негоцин.
14. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Попувка Дужа.
15. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Попувка Мала.
16. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Свенцайты.
17. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Камёнковским.
18. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Шымон.
19. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Тайты.
20. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Талтовиско.
21. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Барняк.
22. Вертикальное распределение хлорофилла в оз. Ганьча.
23. Количество хлорофилла (Трофовенном слое) и видимость диска Секи.

a — хлорофилл, *b* — температура, *c* — кислород, *d* — видимость диска Секи в м, *e* — сероводород.

B. Czeczuga

Vertical distribution of chlorophyll in some Masurian Lakes

Summary

In 1961 and 1962, during summer stagnation, chlorophyllic cross-sections of deeps of 20 lakes in the Giżycko region were performed. At the same time, measurements of the Secchi disc visibility were carried out, as well as of temperature, and of oxygen quantity in the first year of investigations. Results obtained are presented in Figs. 2—23 and in Table I.

Basing on these results, it could be established that the vertical stratification of chlorophyll at the time of summer stagnation may vary in one and the same lake.

In strongly eutrophic lakes with bradimycytic circulation develops, during summer atagnation, on the limit of the epi- and hypolimnion or in the hypolimnion itself the green bacterium *Chlorobium limicola* Nads. Its development in great amount conditions the existence of a chlo-

rophyll maximum in the termocline or in the hypolimnion of lakes of this type (Great Popówka Lake and Small Popówka).

As a result of these investigations, the lakes may be divided into two groups (Table I). For one of them, a more or less middling eutrophy is characteristic; the second group form — polytrophic lakes.

The lakes belonging to the first group form an unbroken series, starting with the least eutrophized, like Lake North Mamry, passing to more and more eutrophized ones, like Lake Niegocin and its neighbour, Lake Boczne. Some lakes in this group, namely those which were investigated from a hydrochemical point of view by Gieysztor (1959) may be systematized in the same order also as to amount of chlorophyll.

List of figures

1. Small map of investigated lakes (1:150 000 scale). 1 — Boczne; 2 — Dargin; 3 — Big Dgał; 4 — Small Dgał; 5 — Dobskie; 6 — Jagodne; 7 — Kirsajty; 8 — Kisajno; 9 — Kotek; 10 — Łabab; 11 — North Mamry; 12 — Niegocin; 13 — Big Popówka; 14 — Small Popówka; 15 — Święcayty; 16 — Kamionkowskie; 17 — Szymon; 18 — Tajty; 19 — Taltowisko; 20 — Warniak.
2. Vertical chlorophyll stratification in Lake Boczne.
3. Vertical chlorophyll stratification in Lake Dargin.
4. Vertical chlorophyll stratification in the Big Dgał Lake.
5. Vertical chlorophyll stratification in Small Dgał Lake.
6. Vertical stratification of chlorophyll in Lake Dobskie.
7. Vertical stratification of chlorophyll in Jagodne Lake.
8. Vertical chlorophyll stratification in Lake Kirsajty.
9. Vertical chlorophyll stratification in Lake Kisajno.
10. Vertical chlorophyll stratification in Lake Kotek.
11. Vertical stratification of chlorophyll in Lake Łabab.
12. Vertical chlorophyll stratification in Lake North Mamry.
13. Vertical stratification of chlorophyll in Lake Niegocin.
14. Vertical chlorophyll stratification in Big Popówka Lake.
15. Vertical chlorophyll stratification in Small Popówka Lake.
16. Vertical chlorophyll stratification in Święcayty Lake.
17. Vertical chlorophyll stratification in Kamionkowskie Lake.
18. Vertical chlorophyll stratification in Lake Szymon.
19. Vertical stratification of chlorophyll in Lake Tajty.
20. Vertical chlorophyll stratification in Lake Taltowisko.
21. Vertical stratification of chlorophyll in Lake Warniak.
22. Vertical stratification of chlorophyll in Lake Hańcza.
23. Chlorophyll amount (in trophogenic layer) and visibility of Secchi disc.
a — chlorophyll, b — temperature, c — oxygen, d — visibility of Secchi disc,
e — sulfuretted hydrogen.

M. Wierzbicka, S. Kędzierski

On the Dormancy State of Some Species of *Cyclopoida* under Experimental and Natural Conditions

Department of Experimental Hydrobiology, Nencki Institute, Warsaw, Poland

Received 15.VI.1963

Introduction

In the present literature, there are not many works trying to explain why the larval forms of copepods pass from their active to dormant state and vice versa. After experimentig with *Canthocamptus staphylinoides*, De e v e y (1941) proved that it is the lack of oxygen that prevents the animals from leaving their cysts. An influence exerted by respiratory poisons (KCN) on some species of copepods in their resting and active states was investigated by C o l e (1953). S m y l y (1962) tried to induce a state of dormancy by placing copepodids of *Mesocyclops leuckarti* (Cls) in the darkness, without food and at a temperature of 0—2°C. Those specimens were taken from plankton a month before their natural dormancy period. Among active and dead specimens, a small number of inactive ones was discovered at the bottom of a vessel which, however, responded to touch. The author wrote: „These latter copepodids might eventually have become completely dormant (i.e. not responding to touch) and would certainly have been classed as dormant by the methods used here if found in the lake-mud.” The influence of various temperatures exerted on the length of the resting period was investigated by the same author. Observations of the resting period and behaviour of stage V copepodids of *Cyclops bohater* Koźm. in cultures and of the resting period of stage IV copepodids of *Cyclops vicinus vicinus* Ulj. were made by W i e r z b i c k a (1962). On the basis of those observations, a possibility was proven of inducing the dormancy period of *Cyclops bohater* Koźm. bred

in cultures, provided that mud was placed on the bottom of a vessel. Copepodids of *Cyclops vicinus vicinus* Ulj. continued their dormancy in an oxygen-free mud and revived when put in water containing 6 mg of O₂ per liter. A lack of oxygen in bottom layers of the water in the reservoirs, where in summer stage IV copepodid of *Cyclops vicinus vicinus* and stage V copepodid of *Cyclops bohater* were observed in their dormant state was proven by J. Paschalski (manuscript) in the Warsaw clay pit and Lake Stary Dwór (1963) and L. Szlauer in Lake Stary Dwór (1963).

The mud and dormant copepodids contained in it, used for experiments, came from a clay pit in Warsaw and from Lake Stary Dwór near Olsztyn.* The mud, freshly taken (October 13, 1960) from the clay pit, had a greasy consistence and, contained sulphides capable of reducing free oxygen. Under the influence of oxygen fed to the mud either by aeration, or by adding H₂O₂, the mud changes its black colour into bright-brown and acquires loose consistence instead of a greasy one observed previously.

An absence of oxygen in the mud coming from Lake Stary Dwór and containing stage IV copepodid of *Cyclops vicinus vicinus* in a dormant state was recorded during preliminary investigations (on June 21, 1961). This absence was proven by measuring the oxygen content by the Winkler method after mixing defined volumes of the mud and water containing a determined amount of oxygen.

That result provided foundations for a hypothesis that the resting state of copepodids can be determined by the absence of oxygen from the mud.

A mud, in which hydrogen sulphide occurs periodically, is an environment, where copepodids of *Cyclops* stay during their dormancy period. Following the occurrence of hydrogen sulphide in the bottom layers of the water, the properties of an environment change in the following threefold manner: (1) there occurs the deoxidation, (2) pH drops, (3) properties toxic to many aquatic animals are given to an environment by hydrogen sulphide. Under natural conditions, toxicity of hydrogen sulphide is not dangerous to the copepodids, which during certain periods, were found by the authors in a clay pit mud strongly smelling of H₂S and containing considerable amounts of sulphides deposited. The same fact was observed by Cole (1953) and Szlauer (1963). The presence of a dark coloured mud was observed even in the alimentary duct of animals living in cultures (Wierzbicka, 1962). Under such specific

* Thanks are expressed by the authors to Dr. L. Szlauer for supplying them with material for experiments, coming from Lake Stary Dwór.

biological conditions, copepodids can live over long periods (several months).

On the basis of observations and considerations described above, the authors aimed at investigating how the passage of copepodids to their resting period is correlated with the absence of oxygen from their habitat. In selecting means of removing free oxygen from water, they confined themselves to N_2 , H_2S and FeS occurring in the products of decomposition of organic matter contained in bottom sediments, with particular consideration of H_2S as an important agent, occurring in the environment.

Characteristics of water reservoirs from which samples were taken for experiments

Clay pit in Warsaw

The environment of a clay pit situated in the Warsaw suburb, Szczęśliwice was investigated over a period between March 2, 1959 and May 2, 1960. It was described as follows (Pascalski's manuscript):

„A maximum depth of about 8 m., and, simultaneously, not a very extensive area reaching only 1 ha, are characteristic features of the structure of a clay pit basin. These magnitudes produce a fairly large relative depth amounting to 0.080. This depth, combined with considerable isolation of the reservoir, resulting from its being deeply cut into the ground of eminences surrounding it (Photo 1), favours early formation and longer duration of thermal and, consequently, chemical stratifications, as well as early formation and longer duration of the ice cover.

In winter and summer, well developed thermal and chemical stratifications were observed in the clay pit. In winter, the presence of inverted thermal stratification was recorded. In view of the gradual bottomward disappearance of oxygen, the oxygen stratification was intensive. Hydrogen sulphide occurred in bottom sediments. In bottom layers of the water, this gas was also recorded in early spring, that is, in March, 1959. In summer, only epilimnion was formed, as well as metalimnion reaching down to the bottom, while no hypolimnion was recorded.

In 1959, the presence of stratifications discussed above was already recorded at the beginning of the second decade of May and, in 1960, even at the beginning of that month. A narrow, 4 m. wide epilimnion was observed then. The remaining masses of water were covered by a sharp thermocline reaching down to the bottom.

In May, 1959, with stratification already existing, a temperature near the bottom was fairly high, rising from $4.3^{\circ}C$ during the spring circulation to $9^{\circ}C$ in mid-May. The rise of this temperature was, however, gradually



Photo 1. Clay pit in Warsaw

checked with the lapse of time and thus, on June 18, the temperature rose only by 2°C , approaching 11°C and keeping at this level to the end of October. During that period, the autumn circulation and homothermy of waters occurred at a temperature of 11°C . On May 2, 1960,

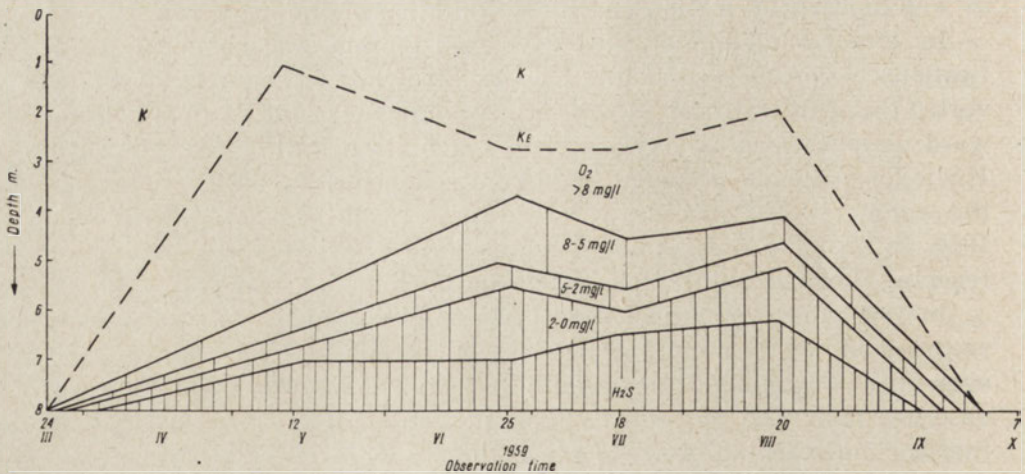


Fig. 1. Diagram of the circulation and oxygen content of the water masses in the clay pit in Warsaw

K — circulation range, K_E — epilimnion range

when the presence of stratification was already recorded, a temperature near the bottom amounted to 5.8°C. Since spring, losses of oxygen (Fig. 1) have been observed in the reservoir, and, subsequently, hydrogen sulphide have appeared. That caused the formation of oxygen stratification sharply outlined between the upper, circulating and well aerated layer of water and, lower — oxygen-free and passing to stagnation. The appearance of hydrogen sulphide in the bottom layers was already discovered in the spring. With the passage of time, the extent of its occurrence was gradually increased and, in late August, it embraced a bottom layer of water 1.5 m. deep.

As autumn approached, a gradual bottomward increase in the intensity and extent of circulation caused in its turn an increase in water aeration and the disappearance of hydrogen sulphide."

In the characteristics of the clay pit environment, presented above, particular attention should be paid to the hydrogen sulphide ceiling (Fig. 1), occurring in the spring and increasing towards the end of summer. That means that *Cyclops bohater* Koźm. and *Cyclops vicinus vicinus* Ulj., occurring, among other species, in the clay pit, begin their resting period already in the presence of hydrogen sulphide and that the entire summer period of dormancy takes place under the hydrogen sulphide ceiling.

According to Wierzbicka (1962), copepodids stayed in upper layers of mud during their resting state, which has been confirmed by the investigation under study (Tables I and II). A vertical distribution of species, occurring in the clay pit in the state of dormancy and used for experiments, was taken into account during these investigations.

Table I
Vertical distribution of copepodids of *Cyclops vicinus vicinus* Ulj. and *Cyclops bohater* Koźm. in dormancy state, contained in the mud of a clay pit in Warsaw (on June 20, 1962) and sampled in two neighbouring, 7 m. deep places

Depth in m.	Thickness of mud layer in cm.	Quantity of mud in cu. cm.	Number of specimens of copepodid stage IV of <i>C. vicinus vicinus</i>		Number of specimens of copepodid stage V of <i>C. bohater</i>	
			in a sample	per cu. cm.	in a sample	per cu. cm.
7	0.0—2.5	96.16	469	4.9	2	0.004
	2.5—4.5	76.93	203	2.7	3	0.014
	4.5—9.5	192.33	50	0.3	1	0.02
	9.5—14.5	192.33	2	0.01	0	0
7	0.0—2.5	96.16	214	2.22	0	0
	2.5—4.5	76.93	2	0.02	0	0
	4.5—9.5	192.33	8	0.04	0	0

Table II

Vertical distribution of copepodids IV and V of *Thermocyclops oithonoides* G.O. Sars in dormancy state, contained in the mud of a clay pit in Warsaw (on March 21, 1962) and sampled in two neighbouring, 5 and 7 m. deep places

Depth in m.	Thickness of mud layer in cm.	Quantity of mud in cu. cm.	Total number of specimens in a sample	Number of specimens per cu. cm.
5	0.0— 2.0	76.93	288	3.7
	2.0— 4.0	"	0	0
	4.0—10.0	230.76	0	0
7	0.0— 2.0	76.93	138	1.9
	2.0— 4.0	"	0	0
	4.0— 9.0	192.33	0	0
	9.0—12.0	115.40	0	0
7	0.0— 2.0	76.93	23	0.3
	2.0— 4.0	"	0	0
	4.0— 6.0	"	0	0
	6.0—10.0	153.86	0	0
	10.0—15.0	192.33	0	0

On June 20, 1962, the mud was sampled in the clay pit at a depth of 7 m. by means of the Klekowski* apparatus. It has been shown by the investigation of the mud, that similarly as in August and September, 1960 (Wierzbicka, 1962), the specimens of *Cyclops vicinus vicinus* in their resting state were mostly accumulated in an upper 2.5 cm. layer. It is clear from Table I that, at the first sampling site, a good deal of these specimens were also found in the next layer of the mud, although less by half. At the second sampling site, distant 1 m. only, they were recorded in smaller numbers even in the upper layer and — in subsequent layers — their quantity violently decreased. This proves the non-uniformity in the horizontal distribution of the copepodids of *Cyclops vicinus vicinus* in the clay pit mud. *Cyclops bohater* occurred in a small quantity and only at one sampling site.

On March 21, 1962, the specimens of *Thermocyclops oithonoides* (stage IV and V copepodids) were accumulated at all three sampling sites exclusively in an upper layer of mud 2 cm. deep. There were considerable fluctuations between their numbers at sampling sites adjoining one another.

It is clear from the comparison between Tables I and II that *Cyclops vicinus vicinus*, although mostly accumulated in an upper 2.5 cm. layer of the mud, also reaches lower down to a depth of 9.5 cm.

* Thanks are due to Dr. R. Klekowski for organizing field expeditions in order to collect materials from the clay pit bottom sediments and for advice given in the course of work, among others, for his idea of applying capillary tubes to experiments.

An absence of hydrogen sulphide was proven by the hydrochemical investigation of the clay pit made at a depth of 6.7 m. on March 14, 1962. Oxygen content amounted to 2,8 mg./l.

Lake Stary Dwór

Detailed data concerning Lake Stary Dwór and dormant species staying in its bottom sediments are contained in Szlauer's work (1963). It was found by this author that the species *Mesocyclops leuckarti* in its resting state stayed there at the bottom of the coastal zone. In his opinion, this species could not pass into the resting state in the central part of the lake, where the lack of oxygen and the presence of hydrogen sulphide were observed. On the contrary, copepodids of *Cyclops vicinus vicinus* and *Cyclops bohater* dominated the middle part of the bottom sediments of Lake Stary Dwór and, similarly as in the Warsaw clay pit stayed there during summer stagnation under the oxygen-free conditions and in the presence of H_2S . *Cyclops vicinus vicinus* revived after the autumn circulation, but at the deepest sampling site, where circulation did not reach the bottom, no decrease was recorded by the author in the number of dormant specimens. *Cyclops vicinus vicinus* and *Cyclops bohater*, as well as their specimens in resting states have analogous ecological conditions in the two reservoirs in question, that is, Lake Stary Dwór and the Warsaw clay pit: during the summer stagnation periods, their dormant copepodids stay in bottom sediments under the oxygen-free conditions and in the presence of hydrogen sulphide.

Methods

There were the following three methods used for removing oxygen from the water, in which copepodids were located during the experiments: 1) physical method with the use of the anaeroscop, an apparatus especially constructed by one of the authors (S. Kędziński), 2) chemical method based on the reduction of O_2 in the water by acting with H_2S or FeS , and 3) O_2 consumption by experimental animals closed in sealed up capillary tubes.

1. Description of the Anaeroscop

Anaeroscop is a glass, air-tight chamber, having inside a chemical oxygen absorber with a gas circulator electrically operated (a circulating-absorbing device). Outside, the chamber is furnished with a water manometer and two outlets closed by taps and serving for blowing nitrogen through the chamber (Fig. 2).

The air-tight chamber consists of a vacuum pump disc and a vacuum desiccator bowl covering it in a bottom up position as shown in photographs (Photo 2,3). Inside the body of the disc, a gas pipe is located with a tap (K_1) mounted at its end which projects outwards and electric cables hermetically insulated and led outwards. Between the tap and the disc, an open manometer indicating gas pressure inside the apparatus with its arms about 30 cm. long is mounted on the gas pipe. The side tube of the vacuum desiccator is closed by a rubber stopper, in which

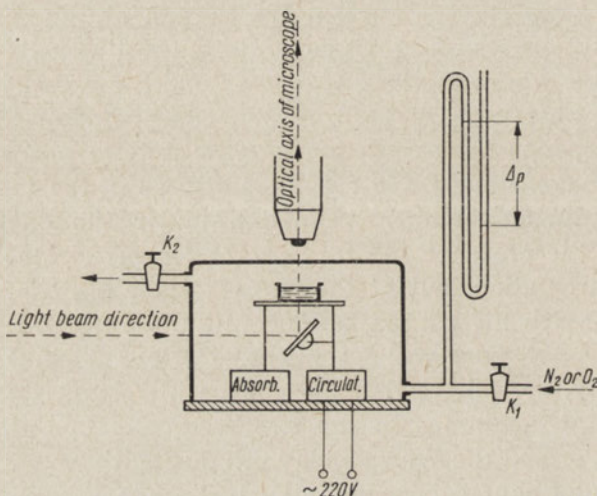


Fig. 2. Diagram of the construction of anaerosp

a glass tap (K_2) is mounted. On the disc, there are an oxygen absorber and a gas circulator, as well as a stand in the form of a small table made of plexiglass, on which objects of experiments are placed. A substage mirror is located beneath this table. The circulating-absorbing device (Fig. 3) consists of the circulator (*a*), absorber (*b*), washer (*c*) and mist arrester (*d*).

An aquarium ventilator, set on a foamed rubber base to avoid transmitting the pulsation of the operating ventilator to the entire device, is used as a gas circulator. The circulator is connected with the absorber by means of an igelite pipe. The absorber is a gas washer filled with an alkaline solution of sodium hydrosulphite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), in which an outlet of a gas pipe with the Schott-G2 type sprayer (*e*) made of sintered glass is immersed. A quantitative absorption of O_2 by an absorption liquid is assured by fine bubbles of gas getting out of the sprayer.

The alkaline solution of sodium hydrosulphite (16 volumetric percent of $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ and 10 vol. percent of NaOH) is prepared by mixing a solution

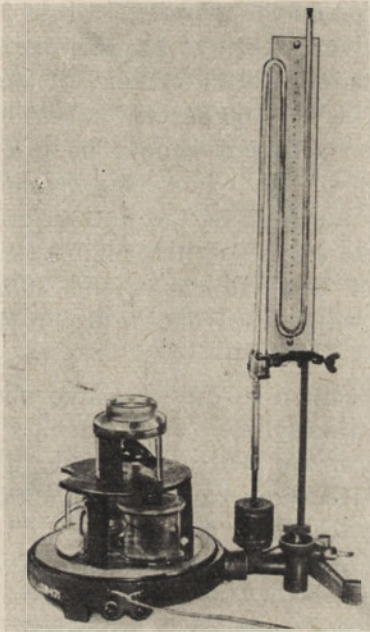


Photo 2. Anaeroscop before the experiment

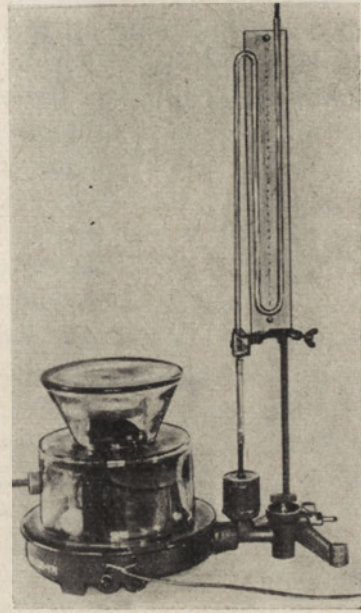


Photo 3. Anaeroscop during the experiment

of sodium hydrosulphite (1) with a solution of sodium hydroxide (2) at a ratio of 5:1.

The latter two solutions are in turn prepared according to the following prescription:

Solution 1—25 g. of pure $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ are dissolved in 100 ml. of distilled water.

Solution 2—70 g. of pure NaOH are dissolved in 100 ml. of distilled water.

The volume of the alkaline solution of sodium hydrosulphite to be poured into the absorber is calculated in relation to the volume and

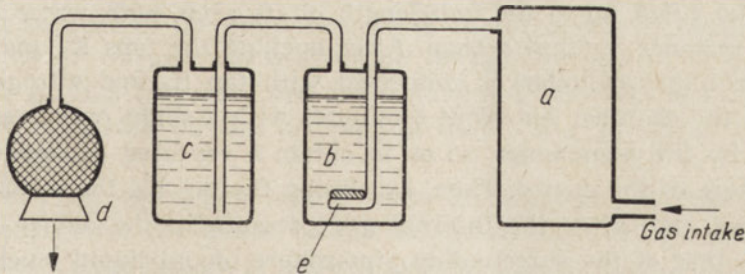


Fig. 3. Diagram of the circulating-absorbing device of the anaeroscop

type of gas (or, oxygen content of this gas) on the assumption that 1 litre of nitrogen containing up to 2 percent admixture of oxygen consumes about 1 ml., while 1 litre of air containing 20.93 percent of oxygen consumes about 10 ml. of the absorbent. A 50—100 percent excess of the absorbent is applied usually. Absorption solutions should be prepared shortly before the beginning of experiments, for which only fresh solutions should be used. Two grams of sodium salt of the anthraquinone-sulphonic acid added to 100 ml. of absorption solution might be used as an indicator for checking the degree of freshness of this solution. A fresh solution is blood-red in colour, while used one is brown (Błażennowa, Ilińskaja, Rapoport, 1954).

The absorption liquid with its composition discussed above absorbs oxygen and carbon dioxide from the atmosphere of the device. The remaining gases (mostly nitrogen, when air or nitrogen used are drawn from a gas cylinder) are purified of the absorbent vapours in the washer containing 1N NaOH and, subsequently, freed of fine droplets of liquid (mist) in the mist arrester, that is, a wad of cotton wool placed in a spherically shaped funnel.

Procedure: The Petri dishes with experimental objects prepared previously is placed on the plexiglass table and the substage mirror is adjusted at an appropriate angle. The absorbing washer is filled with measured amount of the absorbing solution and, then, all parts of the circulating-absorbing device are connected to each other. The operating efficiency of the entire device should be briefly checked by setting the circulator in motion. To avoid any possible leaks and to assure a tight adherence of the surfaces connected, the polished part of the desiccator should be greased with vaseline. The interior of the desiccator (its optical part) should preferably be wiped with a cotton wool wad moistened with glycerine or other substance preventing the glass from being covered with mist (glass sweating) during an experiment. Then, the disc is covered with the desiccator bowl. When nitrogen is used, the manometer should be filled up to the half-length of its arms with water coloured by, for instance, methyl orange. After opening the taps K_1 and K_2 , the gas source (gas cylinder) is connected with tap K_1 and nitrogen is let through the chamber for about 5 minutes with a slight overpressure, indicated by the manometer, so as to obtain a repeated exchange of the atmosphere of the device. Then, by closing the tap K_1 , the inflow of gas is stopped and, after the internal gas pressure in the device becomes equal to that of the surrounding atmosphere (equal liquid levels in the manometer), the tap K_2 is closed, thus isolating the gas inside of the device from ambient air. The circulator is set in motion by switching

on the current from the mains. Then, the device is left for a certain time, a drop in pressure being observed on the manometer. At the same time, the behaviour of experimental objects is observed. When the levels of manometric liquid are equal, the circulator should be switched off. It should be waited out until the temperature of the device is equal to ambient temperature, because ventilator operation causes a slight rise in the temperature of the entire device. The equalization of temperatures takes place after the internal pressure drops to a defined value (after an entire removal of oxygen from the atmosphere of the instrument, the anaeroscop plays the role of a gaseous thermo-barometer). Then, to check the complete removal of oxygen from the atmosphere of the instrument, the circulator is once more set in motion for a period of about 30 min. After that, the temperature of the instrument is again brought to the level of ambient temperature (that is, to the settlement of levels of the manometric liquid). If under these conditions, the manometer indicates the same internal pressure as previously, that is, if two successive readings of manometer are identical, the process of removing oxygen from the atmosphere of the instrument is concluded. The instrument should be operated in a room with constant temperature.

2. Method based on the reduction of O_2 in the water by acting with H_2S

Reducing properties of H_2S were made use of in this method. The reduction of oxygen in the water was caused (according to the following reaction: $2 H_2S + O_2 \rightarrow 2 H_2O + 2 S$) by an addition of the sulphuretted hydrogen water saturated with this gas (saturated aqueous solution of H_2S), titrated each time and in a volume calculated. After mixing, during which a certain amount of H_2S is used for the reduction of O_2 (equivalently) and a dissolved H_2S content, left over after reduction, makes up an appropriate excess, a concentration of aqueous H_2S approaching the theoretical (calculated) concentration is obtained as a result. Preparing and storing aqueous solutions of H_2S with concentrations accurately equalling the concentrations calculated is difficult because of the omnipresence of the atmospheric oxygen.

In the water, oxygen was determined by the Winkler method. Then, an amount of H_2S necessary for the reduction of oxygen contained in water was calculated on the assumption that 1 mg. of O_2 is used by 2.1 mg of H_2S .

The reduction of oxygen in the water is complete and takes place simultaneously over the entire volume of the solution. The introduction of the excess of the reductant assures maintaining an oxygen-free environment and allows for studying the responses of copepodids with various concentrations of H_2S .

Preparing saturated aqueous solution of H_2S

Hydrogen sulphide was obtained in the Kipp apparatus as a result of acting with a 1:1 hydrochloric acid on the crushed pyrite (FeS_2). Gaseous H_2S was let through a washer filled with distilled water and, subsequently, was absorbed in a washer containing settled tap water.

Water was saturated with gaseous hydrogen sulphide for about 30 minutes and, then, the saturated aqueous solution of H_2S was poured to a beaker and kept in it covered with a paraffin disc about 10 mm thick and having a hole necessary for introducing pipette and sampling the saturated aqueous solution of H_2S . The entire surface was covered with a layer of liquid paraffin which sealed the disc. The concentration of H_2S was determined iodometrically. The results of these determinations were converted into a concentration of H_2S in mg. per litre.

Preparing and storing aqueous solution of H_2S for experiments

Diluted aqueous solutions of H_2S with H_2S content determined before and after dilution were used for experiments. One or two days prior to setting experiments they were prepared in a 4 l. bottle graduated in ml. (Fig. 4).

A definite quantity of settled tap water with O_2 content determined was poured to the container and, then, a calculated volume of the

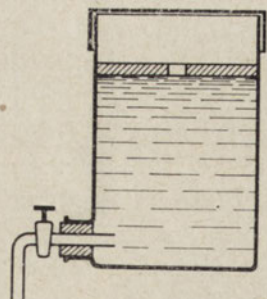


Fig. 4. Container for aqueous solution of H_2S

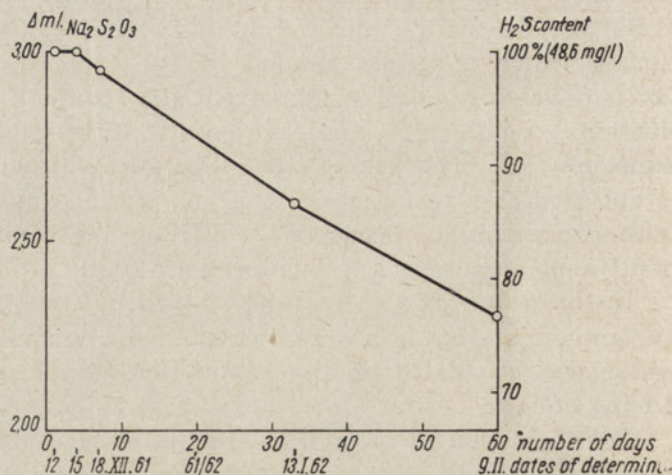


Fig. 5. Curve of the disappearance of H_2S from the container

Δ ml. $Na_2S_2O_3$ = V ml. (from titration) — V ml. (from determination)

saturated aqueous solution of H_2S titrated was added. After mixing gently the contents of the container, the surface of the liquid was covered with a disc of solid paraffin 10 mm thick with an opening serving for pouring more tap water when further diluted solutions were prepared. To seal the disc, it was poured over with liquid paraffin. After 1—2 days, sulphur precipitated was entirely settled on the bottom of the bottle and, then, the H_2S content was determined for checking purposes. When aq. H_2S is stored under such conditions, a gradual drop in H_2S concentration takes place as a result of a partial penetration of gases through the liquid paraffin. A curve of disappearance of H_2S over a 2-month period (at a temperature of about $16^\circ C$) is presented in the diagram (Fig. 5). The sulphuretted hydrogen water was prepared on December 11, 1961, and it was indicated by the last determination on February 9, 1962 that a 23-percent drop occurred in the concentration as compared to its initial percentage.

It is clear from the analysis of the curve of H_2S disappearance that, without the titration of aq. H_2S , the liquid in that container might be made use of for 5 days. Prior to setting the experiments, the H_2S concentration was checked each time.

Experimenting with aqueous solution of H_2S

Experiments were brought to effect in crystallizers and Petri dishes covered with polyethylene foil and glass plate so as not to leave air bubbles in the vessels.

The Roux flasks 150 ml. in volume (Fig. 6) were also used for experiments. The flasks were filled with aq. H_2S with selected concentration

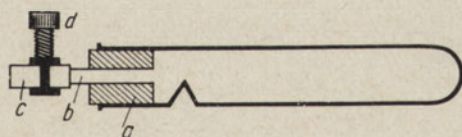


Fig. 6. The Roux flask used for experiments

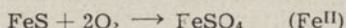
and then, copepodids together with a small quantity (up to 0.5 ml.) of water were introduced down to the bottom by means of a pipette. A flask was stopped with a rubber cork (a), in which a short glass pipe (b) was mounted. Its outward end had an extension in the form of a rubber hose (c) with a screw clip clamping it (d). Flasks were filled and closed in a vertical position to remove air and excess of liquid. After inserting the stopper and checking its tight fitting, the outlet of a rubber hose

was accurately clamped by the clip and sealed with paraffin. During the experiments, flasks were placed with their flat walls in a horizontal position, which allowed for periodical inspections of the flask contents without the necessity of opening and moving them.

3. Method based on the reduction of O_2 in the water by acting with ferrous sulphide (FeS)

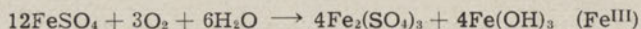
An easy oxidation of FeS by oxygen dissolved in water was used in this method. The process of this oxidation takes place by two degrees.

The first degree of oxidation, according to the reaction



occurs on the surface of ferrous sulphide (placed in tightly closed vessels), consuming oxygen dissolved in water and causing its slight acidification.

The second degree of oxidation, according to the reaction

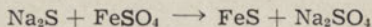


occurs in a solution, usually with the access of atmospheric oxygen to vessels containing sulphide and causes the alkalization of an environment. Similar, red-brown sediment of $\text{Fe}(\text{OH})_3$ was observed on the surface of a natural mud containing sulphides in prolonged cultures of copepodids with air admitted.

Ferrous sulphide is a highly productive deoxidant, since 8 mg. of O_2 is bound by about 11 mg. of FeS (1st degree of oxidation), forming about 19 mg. of FeSO_4 . The excess of sulphide remains in the form of a sediment and makes up a reserve of the reductant.

Obtaining ferrous sulphide

Ferrous sulphide was obtained by precipitating it from the solution of sodium sulphide (Na_2S) after the solution of ferrous sulphate (FeSO_4) was added to the latter. The precipitation of FeS takes place instantly and according to the reaction:



About 1 litre of tap water and about 200 ml. of saturated solution of sodium sulphide, prepared by dissolving $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (pure for analysis) in tap water up to saturation point were poured into a 2-litre beaker. Then, a saturated solution of ferrous sulphate, prepared by dissolving $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (pure) in tap water up to saturation point, was added by small doses to the vigorously stirred solution. Saturated solutions were used, because the preparation of equivalent solutions from quantities weighed for a given preparation is burdened with considerable error caused by different moisture contents of preparations used.

At the end of the precipitation process, the liquid was left motionless so that the FeS sediment could be deposited on the bottom and then, some of the FeSO₄ solution was added to control the completeness of precipitation. The end of reaction was recognized by the fact that no new deposit was formed and, later on, by an analysis, which discovered the presence of the Fe^{II} ions. For this purpose, a few millilitres of liquid were taken by means of a pipette from a clear layer above the sediment, poured into a test tube and added some solution of potassium ferricyanide K₃Fe(CN)₆, which causes the development of a blue sediment — a proof of the excess of the Fe^{II} ions (and absence of the sulphide ions), contained in the solution and thus the process of precipitating FeS was completed.

FeS obtained was purified from any by-products of the reaction (mainly from Na₂SO₄) by leaching it with tap water. With that end in view, FeS contained of the beaker was decanted to a 10-litre bottle furnished with a siphon and tap water was added to a total volume of about 10 l., the total contents of the bottle was vigorously mixed and left until the entire sediment deposited on the bottom. Then, the liquid was siphoned from the sediment. These operations of leaching, mixing and siphoning were repeated 10 times (over a 4-day period), always fresh tap water being added to a total volume of 10 l.

Thus clarified FeS was put into a vacuum flask and stored in water after the atmospheric pressure in the flask was reduced by means of a water pump to 18 mm of Hg.

Experimenting with FeS

Experiments with FeS were made in the Erlenmeyer flasks 25 ml. in volume. Ten ml. of water with FeS were poured to each flask and the remaining volume of the flask was replenished with settled tap water. Then, copepodids were introduced by means of a pipette together with a small amount of water (to 0.5 ml.) and, without leaving any air bubbles, flasks were tightly stopped with rubber corks. After settling of the solution, the bottoms of the flasks were covered by about 5 mm. thick FeS sediment layer.

Under such conditions, oxygen reduction was made in the presence of experimental animals. An oxygen-free environment, produced by means of FeS seems to be most favourable for experimenting because of its low (about 2 mg./l.) and constant (determined by the solubility product) concentration of the sulphide ions, as well as because of the presence of a solid medium with certain physico-chemical properties (black colour, structure, reducing capabilities) similar to those of a natural mud.

4. Oxygen consumption by experimental animals placed in sealed up capillary tubes

Experiments were made as follows. Settled tap water, in which single specimens of Cyclops were placed, was drawn into a capillary tube and then, the tube was sealed at both its ends by melting them over a micro-flame.

Table III
Characteristics of the oxygen conditions in capillary tubes (examples)

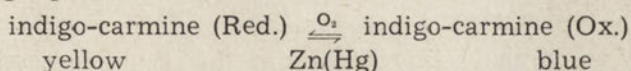
No.	Dimensions of capillary tubes		Calculated		$V_{\text{air}}/V_{\text{H}_2\text{O}}$	Calculated 18°C. 760 mm. Hg		Total O ₂ content of a capillary tube (μl.)
	Internal (j) in mm.	length (mm.)	volume of H ₂ O in μl.	volume of air in μl.		O ₂ content of H ₂ O in μl.	O ₂ content of air in μl.	
1	0.5	72	6.28	7.85	1.24	0.0415	1.6485	1.6900
2	0.7	103	7.69	31.92	4.15	0.0508	6.7032	6.7540
3	0.4	107	5.40	8.04	1.49	0.0357	1.6884	1.7241
4	0.45	101	4.93	11.13	2.23	0.0326	2.3373	2.3701

The exhaustion of an oxygen content of water occurs in the presence of experimental animals as a result of their vital functions. Initial conditions of the oxygen content of the water closed in capillary tubes are presented in Table III.

5. Checking the tightness of vessels used for experiments

A 0.02-percent solution of indigo-carmin in a reduced form (Red.) as a reduction-oxidation (Red-Ox) indicator was used for checking the air-tight sealing of the vessels (Meyling, Frank, 1962). The indicator was reduced by shaking it with zinc amalgam (4% of Zn) in a closed vessel similarly as it has been done during experiments. The solution of zinc amalgam — Zn(Hg) — was prepared by dissolving in a hot state (on a water bath) 4 g. of metallic analytically pure zinc in 100 g. of analytically pure mercury with an addition of about 50 ml. of distilled water acidified by means of 5 drops of conc. H₂SO₄. After complete dissolving of zinc in mercury, the amalgam thus obtained was washed several times with distilled water. The reduction of the indigo-carmin is accompanied by the change in the colour of the solution, the reduced (Red.) form being straw-yellow and the oxidized form (Ox.) — intensive blue. The oxidation of the form Red. into form Ox., to which corresponds the change in the colour of the solution — from yellow to blue, occurs under the influence of a free oxygen dissolved in water (penetrating

into the water through the vessel leaks) and takes place according to the following equation:



The appearance of a blue colouration of the solution near the closures was a proof that a vessel was not sufficiently tight and leakproof.

This method, used to test the Petri dishes and crystallizers covered with polyethylene foils and glass plates, indicated that, after the lapse of a few hours after closing these vessels, the solution became blue. It might be, however, supposed that the presence of the reductant in those vessels did not allow for the access of oxygen to the environment, this fact being suggested by the smell of H₂S perceptible after the vessels were opened upon the conclusion of experiments with Cyclops.

After the lapse of a few days, similarly blue colour was also observed of the solutions contained in the Roux flasks corked with rubber stopper but without a paraffin seal. Only the closures in the form of rubber stoppers tightly sealed with paraffin (the Roux and Erlenmeyer flasks) turned out to fit perfectly and to be leakproof. The samples contained in them did not change their colour even over a 7-month period.

Results

States of activity of copepodids

The species of *Cyclops vicinus vicinus* in copepodid stage IV, *Cyclops bohater* in copepodid stage V, *Mesocyclops leuckarti* and *Thermocyclops oithonoides* in copepodid V and IV were used for experiments.

Cyclops vicinus vicinus and *Cyclops bohater* reach their reproductive cycle during the cold season of the year, while *Mesocyclops leuckarti* and *Thermocyclops oithonoides* — in the warm one, and vice versa, resting states of *Cyclops vicinus vicinus* and *Cyclops bohater* are recorded (except for unnumerous cases, Szlauer, 1963) in warmer months, while those of *Mesocyclops leuckarti* and *Thermocyclops oithonoides* — in colder ones.

Copepodids in their resting state were taken out of jars at a temperature of 9°C by means of the pipette together with the mud and were poured over with a small quantity of water with an oxygen content of 6 mg./l. (It was found that an O₂ content of mud in jars was equal to 0.) After some time, a gradual passage of copepodids from their resting to active state was observed.

On the contrary, if we pour sulphuretted hydrogen water over a sample containing the revived copepodids, we observe their passage from the active into resting state. One of the specimens of *Cyclops vicinus vicinus*

in copepodit stage IV, revived by means of aerated water, was — over a 4—day period — „put to sleep” six times and „awakened” again by the method described above.

In the course of many experiments of this type, successive changes were recorded in the position of antennules and of legs, as well as in the degree of activity of copepodids, characteristic of the passage from the resting to active state and vice versa.

Table IV

States of activity of copepodids and position of their antennules and legs during their passage from active to dormant state and vice versa

States	Degree of activity	Position of antennules and legs
1 Active	Full activity	Variable
2	Sensitive to touch	Antennules pointed sideways, legs-forwards
3	Insensitive to touch	Antennules pointed sideways, legs-forwards
4 Resting	Insensitive to touch	Antennules pointed backwards, legs-forwards
5	Insensitive to touch	Antennules pointed sideways, legs-backwards

A resting state, in which the antennules are stretched backwards along the body of a specimen and legs pointed forwards, has been determined by number 4 (Table IV). In such a state, the specimen is insensitive and does not respond either to touch with a laboratory needle, or to being turned over. If such a specimen is placed in water containing 6 mg. of O₂ per litre, after some time, it stretches its antennules sideways taking a position, in which it always swims; however, it continues to be insensitive to touch and being turned over with a needle. Such a state was denoted by number 3. Soon, we can observe the specimen moving its legs and abdomen, taking short jumps and, then, once more becoming motionless. Such a state varies from the previous ones to the extent that now, the copepodid reacts to the touch and — touched with a needle — jerks and once more takes a motionless position. This is state 2. And, finally, the copepodid completely passes into an active state determined as state 1. If, for instance, by adding sulphuretted hydrogen water, oxygen is removed from water, in which a copepodid moves, all states described above are obtained, state 4 including. An excessive concentration of the hydrogen sulphide or, its prolonged action, bring the

copepodid to state 5, in which its antennules are apart and legs pointed backwards. The copepodid lives but it is insensitive and does not respond to touch. This is an agonal state and it passes into actual death when antennules are apart and legs pointed backwards like in state 5. States 1—5 are reversible. Particularly easy is the passage of copepodid from state 2 into 1 and vice versa.

States of activity, distinguished above, described on the example of the behaviour of *Cyclops vicinus vicinus*, were recorded in all species used for experiments.

Besides *Cyclops vicinus vicinus*, considerable number of observations on passing copepodids from the dormant into active state was made on *Thermocyclops oithonoides* in copepodid stage V. The differences in the revival process are clearly discernible. Specimens of *Cyclops vicinus vicinus* leave their state of dormancy relatively slowly so that all stages, mentioned above, can be easily investigated. The abdomen of a specimen of *Thermocyclops oithonoides* during its dormancy period in copepodid stage V or, less frequently, IV, is tucked up under its ventral side. The process of leaving this state is immensely rapid and particular phases are difficult to investigate. The specimens of *Cyclops vicinus vicinus* and *Thermocyclops oithonoides* are marked by mud „discs” adhering to the sides of their cephalothorax during their dormancy periods. Such „discs” were observed in copepodids under both laboratory and natural conditions, but they were recorded only during their dormancy. By these „discs”, dormant specimens or, specimens, which have recently left their state of dormancy and are contained in plankton, might easily be distinguished. Specimens of *Cyclops bohater*, bred in laboratory have also had such „discs” during their dormancy period (Wierzbicka 1962).

Experimental Part

Experiments consisted in removing oxygen from the water, in which copepodids were kept or, in transferring them to an environment, from which oxygen was previously removed.

The largest number of experiments were made with sulphuretted hydrogen water. A part of experiments was made in the anaeroscop or in an oxygen-free environment containing ferrous sulphide and, finally, by sealing up copepodids in the capillary tubes. The total number of experiments amounted to 156 with 1.117 specimens of copepodids used for this purpose.

Experiments with H₂S

Experiments with H₂S were made in Petri dishes, crystallizers and Roux flasks, concentrations of H₂S being kept within limits of 6 and 80 mg./l.

Seven hundred and eleven specimens of copepodids were used for experiments with H₂S. After experiments were completed, each specimen was subjected to prolonged control, in some cases lasting as long as 6 months.

During first experiments (on November 16, 1961)*, the species *Cyclops vicinus vicinus* in copepodid stage IV was used. Its dormant specimens were caught in Lake Stary Dwór (mud was sampled on October 28, 1961). When they were transported to Warsaw, copepodids revived to activity and did not return to the mud any more. Those were, therefore, the specimens which left their resting state 19 days ago. Characteristic mud „discs” were observed on the sides of their cephalothoraxes.

In acting with a 6 and 12 mg./l. concentrations of H₂S upon 188 specimens of *Cyclops vicinus vicinus* placed in Petri dishes at a temperature of about 20°C, a similar result of the action of those two concentrations was observed: analogous states occurred after 5 and 24 hours (Fig. 7). State 1 (active) was predominating in all the experiments, state 5 appeared in 4th or 5th hour of an experiment. Cases of death, the number of which increased at the end of the day, were already recorded after the 5th hour of experimenting.

On November 2, 1961, during the experiment with 5 dormant specimens of *Cyclops vicinus vicinus*, taken from the mud (sampled on Lake Stary Dwór in June, 1961), copepodids were revived to activity by the method, indicated above. In acting for 2 hours with 71.8 mg./l. concentration of H₂S, 4 specimens could be reckoned to state 4 and 1 specimen to state 5. After the transference to aerated water, they revived and, during subsequent breeding — shed their exuviae. On November 14, 1961, one of the specimens became adult. The maturity of the remaining specimens were recorded in the course of subsequent observations. By acting with hydrogen sulphide, an identical influence was exerted on copepodids freshly brought to an active state, as well as on those being already active over a certain period (19 days, Fig. 7).

On November 2, 1961, a concentration of 33.7 mg. of H₂S per litre was applied to 13 specimens of *Cyclops vicinus vicinus* from Lake Stary Dwór (October 28, 1961) placed in Petri dishes at a temperature of

* The authors thank Mrs. A. Łopatońska for her invaluable help in experiments and in investigations of bottom sediments.

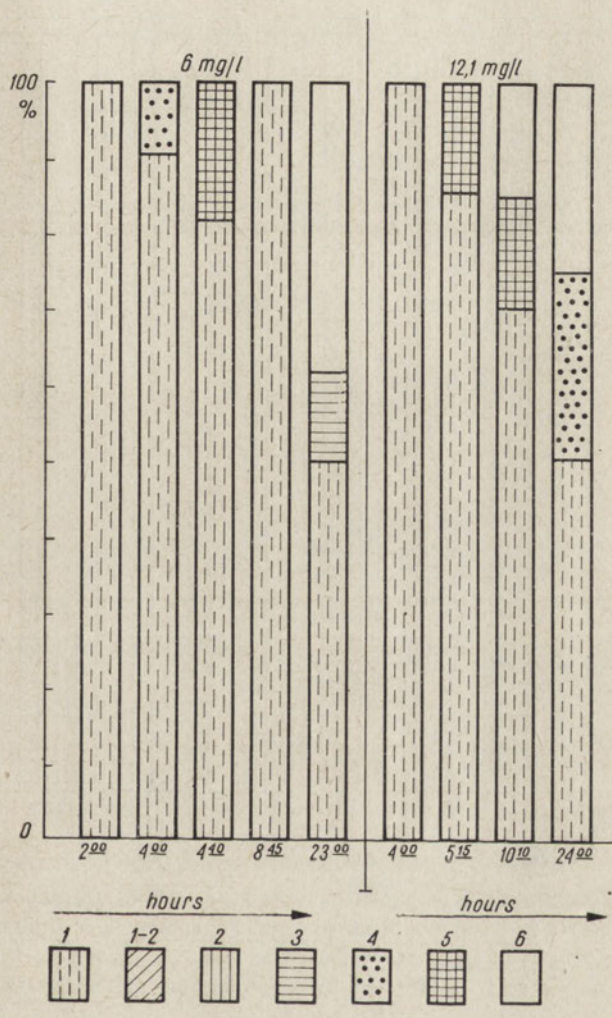


Fig. 7. Passing of copepodid stage IV of *Cyclops vicinus vicinus* (caught in Lake Stary Dwór on October 28, 1961) to its dormancy as it is affected by aqueous H_2S at a temperature of $20^\circ C$
1-5 states, 6 - death

about $20^\circ C$. If we compare this experiment (Fig. 9) with a result obtained also after 24 hours of experimenting on other specimens of *Cyclops vicinus vicinus* and under identical conditions but with the use of a concentration of 12.1 mg./l. (Fig. 7), it is clear that state 1 completely disappeared. States 3 and 4 were represented by equal numbers and death rate already reached 69 percent.

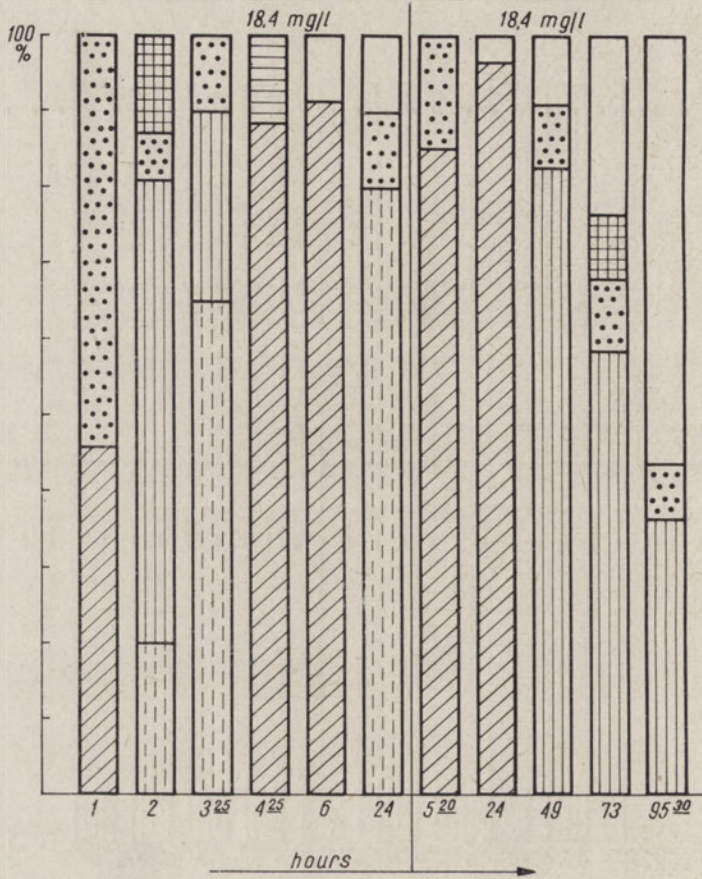


Fig. 8. Passing of copepodid stages IV and V of *Mesocyclops leuckarti* and copepodid stage V of *Thermocyclops oithonoides* (caught in Lake Stary Dwór on Februar 7, 1962 (to their dormancy as it is affected by aqueous H_2S at temperatures 8.6 and 9.6°C

The specimens of the species *Mesocyclops leuckarti* (copepodids IV and V) and *Thermocyclops oithonoides* (copepodid V) from Lake Stary Dwór were an object of investigation during subsequent experiments (Figs. 8 and 9). The latter species was represented by a markedly smaller number of specimens*. Experiments were made with specimens, which were dormant in the lake, but — when transported to the laboratory — they revived and did not return to the mud any more.

* During experiments, the species *Thermocyclops oithonoides* was considerably inferior in its numbers to *Mesocyclops leuckarti*. Since no perceptible differences were recorded in the behaviour of these two species, they were treated jointly in these experiments.

On February 12 and 13, 1962, experiments were made with 218 specimens of *Mesocyclops leuckarti* in copepodid stages IV and V and with unnumerous specimens of *Thermocyclops oithonoides* in copepodid stage V (mud was sampled from Lake Stary Dwór on February 7, 1962). Experiments were made in crystallizers at temperatures of 8.6 and 9.6°C and with a concentration of 18.4 mg. of H₂S per litre (Fig. 8). By comparing Figs. 7 and 8, it is clear that with the use of a somewhat more intensive concentration of H₂S (18.4 mg./l.), an active state 1 gave way in favour of states 1—2 (after 4 hours and a few minutes). In the latter experiment, the death rate of specimens after the lapse of 24 hours was lower. The differences in results could be caused by specific differences, as well as by varying temperatures (about 20° and about 9°C), at which experiments were brought about.

When an H₂S concentration of 18.4 mg./l. was applied with simultaneous considerable increase in the duration of experiments, the death rate became ever higher with more or less identical number of specimens in state 4. However, after 73 and 95 1/2 hours almost a half of species was still in state 2.

On February 10, 1962, in acting with H₂S with a concentration of 38.5 mg./l. on 67 specimens of *Mesocyclops leuckarti* in copepodid stages IV and V and *Thermocyclops oithonoides* in copepodid stage V (the latter was represented by a small number of specimens), caught at the same place at a temperature of 10.8°C, 50 percent of specimens in resting state 4 were obtained in the 5th hours of the experiment (Fig. 9). These specimens, placed in the aerated water revived to activity and — after some time — became adult.

A markedly increase in the quantity of specimens in state 4 has been shown by the comparison of a result of this experiment obtained after 5 hours and a result of acting with an H₂S concentration of 18.4 mg./l. on the identical experimental material, during the identical period and at the nearly identical temperatures (Figs. 9 and 8). In view of an easy passage of Cyclops from state 1 to state 2, the remaining states are analogous.

Of the number of 13 specimens of *Mesocyclops leuckarti* (copepodid stage V and — single specimens — IV, taken from Lake Stary Dwór on October 28, 1961), which on November 2, 1961 were placed in the water, containing H₂S with a concentration of 78.7 mg./l., a half of specimens passed to state 5 (Fig. 9) after the lapse of 3.5 hours. Most of them, transferred to an aerated water, revived.

On February 13, 1962, and over a period of 45 hours, two experiments were made in the Roux flasks on the experimental material, sampled

on February 7, 1962, from the bottom sediments of Lake Stary Dwór, and with the application of a temperature of 9.2° and H_2S concentration of 18.4 mg./l. Then, on February 17, 1962, and over a period of 70 hours, two more experiments were made on the material sampled on February 13, 1962, from Lake Stary Dwór with an identical H_2S concentration and

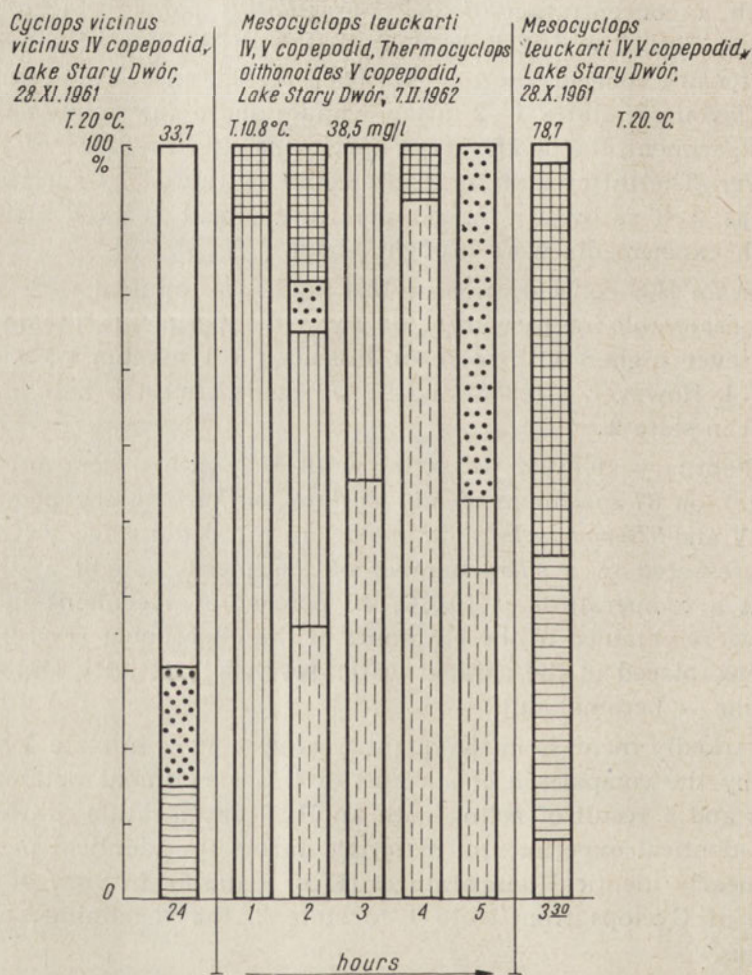


Fig 9. Passing of copepodids to their dormancy as it is affected by aqueous H_2S

at a temperature of $8.2^{\circ}C$. A total number of specimens used for these four experiments amounted to 121. These were *Mesocyclops leuckarti* copepodid stages IV and V and unnumerous specimens of *Thermocyclops oithonoides* copepodid stage V. After transporting them to Warsaw, they did not return to the mud. It is clear from Fig. 10 that an active state 1

did almost not occur after the lapse of 45 and 70 hours, while states 3, 4 and 5 were represented. The death rate in these experiments amounted to about 20 percent. The results of these experiments approached the results of experiments with an identical material, over an identical period, with identical H_2S concentration and at approximate temperatures, but brought to effect in crystallizers covered with foil and glass (Fig. 8).

After the experiments made in the Roux flasks, specimens returned to the activity even from state 5.

In summer of 1962 (August 6—11, 1962), 75 dormant specimens of

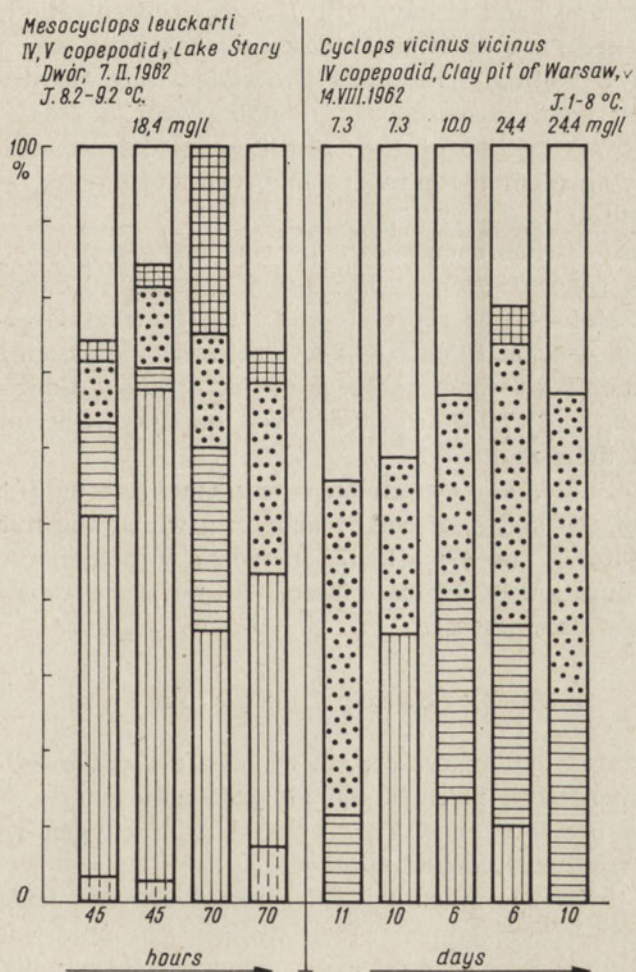


Fig. 10. Passing of copepodids to their dormancy as it is affected by aqueous H_2S in the Roux flasks

Cyclops vicinus vicinus copepodid stage IV, sampled on June 20, 1962 from the bottom sediments of the clay pit in Warsaw and revived, were sealed up in 5 Roux flasks. During experiments, a temperature was kept between 1 and 8°C (in a refrigerator). The concentrations of H₂S used amounted to 7.3, 10.0 and 24.4 mg./l. Experiments lasted over 6-, 10- and 11-day periods. The course of the experiments was controlled every day, the states of *Cyclops* being observed through the glass walls of flasks. Final results obtained after opening flasks are presented in Fig. 10. In general, a more intensive occurrence of states 3 and 4 was marked as compared to shorter experiments in the Roux flasks, discussed above (Fig. 10).

By acting for 10 and 11 days with H₂S of a concentration of 7.3 mg./l., it has been proven that after 11 days, state 2 gave way in favour of states 3 and 4 (resting). The latter two states were slightly superior to a state when death cases occur. In acting over a 6-day period with a 10 mg./l. concentration of H₂S, result was obtained, which was only slightly varying from the previous one, considering that state 3 easily passes to state 4.

And finally, it has been shown by comparing results of acting with a 24.4 mg./l. concentration of H₂S for 6 and for 10 days that state 2 disappeared, state 4 was represented by a somewhat larger number of specimens and — after 10 days — death rate was increased. After concluding experiments, specimens were bred for a longer time and a return from states 2, 3, 4 and 5 to activity was obtained. Specimens moulted and reached their maturity.

To recapitulate, all experiments with the use of H₂S prove the occurrence of the states, discussed above, in which the number of specimens in states 3 and 4 markedly increases with higher concentration and longer duration of an experiment. At the same time, the number of death cases also increases.

Anaeroscop Experiments

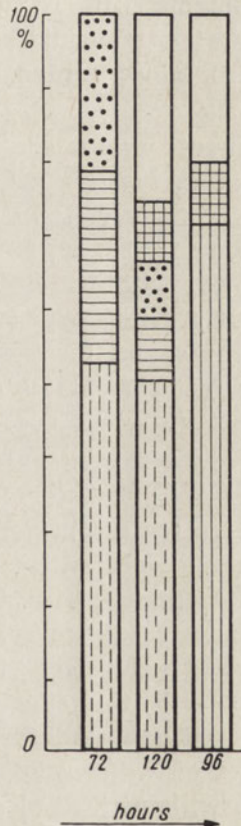
Experiments in an anaeroscop, in which a desorption of oxygen from the environment took place in the nitrogen atmosphere yielded results analogous to previous ones. The remainders of oxygen were removed by means of sodium hydrosulphite.

Twenty three specimens of *Thermocyclops oithonoides* copepodid stages IV and V from the clay pit in Warsaw (the mud was sampled on December 9, 1961) were used for experiments carried out at the beginning of February (February 6, 1962) at a temperature of 4°C. These copepodids were in their state of dormancy, from which they were revived by the

method described above. The first and second (I and II) pillar in Fig. 11 denote the same experiment made with the same specimens with a result that, after three days, it was discovered that specimens were in states 1, 3 and 4. Specimens in state 1 were once more placed in an anaeroscop for a period of 5 days. After the lapse of that period there was still

Thermocyclops oithonoides IV, V copepodid, Clay pit of Warsaw, 9.XII.1961
Mesocyclops leuckarti IV, V copepodid, Lake Stary Dwór, 13.II.1962

Fig. 11. Passing of copepodids to their dormancy as observed in anaeroscop at temperature 4°C.



a considerable number of specimens in state 1, states 3, 4 and 5 being represented by markedly smaller numbers. Dead specimens were also recorded (25 per cent).

The third pillar in Fig. 11, mentioned above, in which state 2 predominates, represents a results of an experiment after four days of exposure (February 19, 1962) but with the use of another material, that is, 63 specimens, primarily *Mesocyclops leuckarti* copepodid stages IV and V and

a few specimens of *Thermocyclops oithonoides*, caught in Lake Stary Dwór (on February 13, 1962).

Considering that state 3 easily passes to state 4, conditions formed in anaerobioscopes after 72 hours were analogous to those obtained in acting for 5 hours (Figs. 11 and 9) with an H_2S concentration of 38.5 mg./l.

Experiments with FeS

In the second half of August, 1962, FeS , acting as a reductant, was used for experiments with *Cyclops vicinus vicinus* copepodid stage IV and *Cyclops bohater* copepodid stage V, which — in their state of dormancy — were contained in mud, sampled from the clay pit on August 14, 1962.

Nine experiments were made with *C. vicinus vicinus* (166 specimens) and one — with *C. bohater* (22 specimens). Experiments were carried out in 25 ml. Erlenmeyer flasks at a temperature of 9°C. Results were checked after 5, 9, 13, 20, 23, 28, 34, 37 and 47 days. A broad range of states was obtained within limits of 1 and 5. There was a characteristic and, in fact, after previous experiments, expected decrease in the number of active specimens and increase in the death rate. Reflections were aroused by the fact that states 4 and 3 maintained at a more or less uniform level.

If we compare the experiment with *C. bohater* to that with *C. vicinus vicinus* after more or less identical lapse of time (42 and 47 hours), we can easily perceive a considerable difference. Fifty percent of specimens of *C. bohater* were still active and only about 27 per cent were dead, while the death rate in *C. vicinus vicinus* amounted to 60 percent.

This experiment seems to confirm numerous observations inferring *C. bohater's* almost exclusively bottom mode of life (Wierzbicka, 1962). On the basis of this experiment, there is every appearance that this species is much better adapted to living conditions predominating in the bottom layer of water and in mud itself with small quantities of oxygen or, even without it at all than *C. vicinus vicinus*.

This conclusion was confirmed by three experiments carried out in the same vessels, in which experiments described above were made and whose bottoms were covered with mud from the clay pit. Two vessels, one containing specimens of *C. vicinus vicinus* and, another of *C. bohater* were hermetically sealed, the third — containing *C. vicinus vicinus* — remained open. The results of the experiment with *C. vicinus vicinus* were examined after 48 days, those with *C. bohater* — after 53 days. The death rate was much higher among *C. vicinus vicinus*, while active state

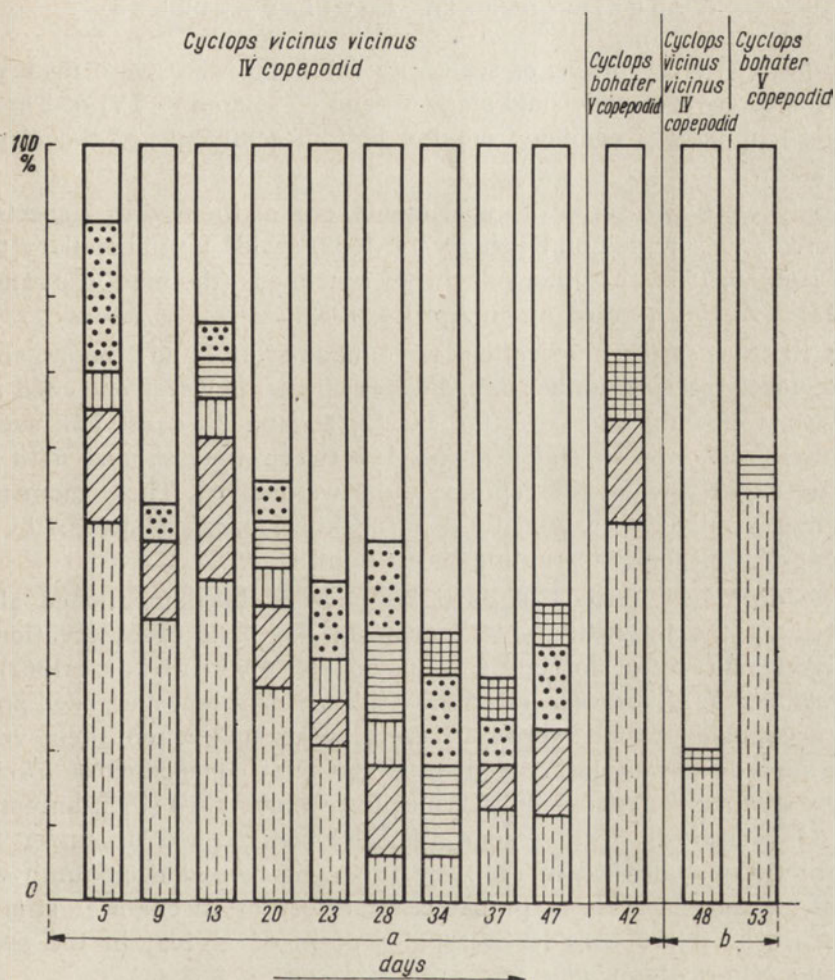


Fig. 12. Passing of copepodids from the clay pit of Warsaw (caught on August 14, 1962) as it is affected by FeS at a temperature of 8–9°C. (a) Experiments with copepodids in airtight vessels with mud on their bottoms (b)

predominated among *C. bohater*. *C. bohater*'s higher degree of resistance to losses of oxygen are inferred by this experiment, since — after such period of time — an absence of oxygen might be assumed in the experiments with the mud. Moreover, this assumption has been confirmed by similar death rate recorded in oxygen-free experiments with the use of FeS (Fig. 12). In the third experiment (that with an open vessel) which might be termed as a test experiment, specimens of *Cyclops vicinus vicinus* shed their exuviae and reached maturity. Nauplii appeared in the course of further breeding.

Experiments in capillary tubes

Experiments by means of sealed up capillary tubes were made with single specimens of copepodid stage V (and — seldom — IV) of *Thermocyclops oithonoides* coming from the bottom sediments of the clay pit in Warsaw.

There were two series of experiments, one of them with 7 specimens (the mud was sampled on February 14, 1962) sealed up in capillary tubes on March 30, 1962, the other — with 41 specimens (the mud was sampled on March 4, 1962) sealed up on April 4, 1962.

In the first series, observations were made after 1 and 2 hours, and — subsequently — every other day. Two experiments were concluded after 12 days, following ones — after 14, 19, 26 and 28 days. The seventh specimen remained in states 3 and 4 between the 9th and 67th day, stirring slightly when the capillary tube was moved. These momentary movements might be caused by a purely mechanical stimulus (the movement of the tube) interrupting states 3 and 4.

The dormancy state 4 is, as it has already been mentioned above, marked by the insensitivity to touch. On the basis of observations of numerous cultures of dormant *Cyclops bohater* (Wierzbicka 1962) and *Thermocyclops oithonoides* in capillary tubes, it has, however, been proved that copepodids which were „asleep”, „woke up” when their vessels were stirred. It was observed many times that copepodids of *Thermocyclops oithonoides* remaining in typically resting state 4 (their antennules pointed backwards, legs — forwards, abdomen tucked up under their ventral sides) sealed up in capillary tubes, move and even jump when tubes are moved. This is probably an effect of mechanical stimulus, the more so if we consider a rapid process of revival in the species *Thermocyclops oithonoides*.

Of the number of 7 specimens observed, 3 died after 12, 19 and 26 days. When capillary tubes were opened after 12, 14 and 28 days, 3 specimens passed from states 3 and 4 (after placing them in an aerated water) to active state 1 and, subsequently, were bred for a long time.

In the second series of experiments, during which observations were also made every other day, most of capillary tubes (33) were opened after 9 and 14 days. When tubes were opened after 9, 12, 14, 16, 19, 28 and 33 days, only 6 percent of specimens were dead. The remaining specimens, many of them in states 3 and 4, after transferring them to an aerated water, mostly passed to active state 1. It was observed that specimens in capillary tubes often stayed on the boundary of water and air. After 54 days, 5 specimens were in state 5 and in the state of

dying, while some specimens survived 69, 82 and 85 days, remaining in states 3 and 4.

Attention should be paid to the fact that it were the specimens, which during this period were already passing from mud to active life in plankton that were sealed up in capillary tubes. In spite of this, we succeeded in obtaining states 3 and 4 (resting).

Although the amount of oxygen consumed by copepodids of *Thermocyclops oithonoides* is so far an unknown magnitude, still it has been proved by experiments in capillary tubes that copepodids, consuming oxygen from their environment, pass to states 3 and 4.

Discussion

It has been proved by experiments presented above that, under certain oxygen-free conditions, a state can be obtained which corresponds to the dormancy. This state existed, however, over a markedly shorter period than under natural conditions. Observing particular specimens in capillary tubes, and in Roux flasks, it was found, for instance, that a typical resting state, lasted uninterruptedly for some dozen days or so.

Under breeding conditions, it was established on the basis of observations of individual cultures that an uninterrupted dormancy period of a male specimen of *Cyclops insignis* Cls. in copepodid stage IV buried in mud lasted for almost three months.

Probably, copepodids staying in mud, have favourable conditions, unknown thus far, which maintain their dormancy.

The authors particular attention was paid to experiments with H_2S , which occurred in bottom sediments of the clay pit in Warsaw and of Lake Stary Dwór when the presence of copepodids of the genus *Cyclops* O.F.M. in a resting stage was recorded in these sediments. FeS occurring in bottom sediment was also used in experiments. The authors attach importance to experiments made by means of the anaeroscop, in which copepodids were placed in a nitrogen medium free of oxygen and by means of capillary tubes, in which oxygen was consumed by single specimens of copepodids. In the latter two types of experiments, the removal of oxygen from the water took place at a relatively slow rate. The results of all the experiments mentioned above, were identical: state 4 (resting) was obtained in an oxygen-free medium.

It has, however, been shown by experiments that copepodids could not stay over longer periods under oxygen-free conditions in the presence of H_2S and FeS or, in airtight, sealed vessels with the mud on their bottom, where — in addition to state 4 — considerable increase was recorded in a death rate.

A presumption occurs that under natural conditions a certain role can be played by a gradual adaptation of organisms to gradual changes in the conditions of an environment occurring during the period when copepodids pass to the mud. Such a gradual adaptation was not recorded during experiments and, maybe, its absence constituted one of the causes of a fairly high death rate.

The influence of the O_2 content of water exerted on the passage of *Cyclops* from their resting to active state was very often recorded during experiments. This observation was confirmed by Szlauer's (1963) field observations, during which it was found that specimens of *Cyclops vicinus vicinus* in Lake Stary Dwór passed to their active state after the autumn circulation. At the deepest sampling site, however, where circulation did not reach the bottom no decrease in the number of dormant specimens was recorded by this author.

Temperature, as a factor on which, according to Smyly's (1961) and Szlauer's (1963) data, the passage of some species to their resting state might depend, has also been taken into account during experiments. No distinct differences have, however, been observed in the results of the experiments at temperatures of 4—8—10°C and at room temperature (about 20°C).

A kind of material used for experiments seems to be a rather important thing. It was not in all the cases that the authors succeeded in experimenting on dormant copepodids staying in the mud. Sometimes, after transporting material to the laboratory, copepodids did not return to the mud and, in active state, remained above the surface of the mud. These were copepodids of *Cyclops vicinus vicinus* and *Thermocyclops oithonoides*, which soon (October, in case of the former species and March — of the latter) should have leaved their resting state and copepodids of *Mesocyclops leuckarti* and *Thermocyclops oithonoides* which have lately passed to their resting state (October).

In the course of experiments, this did not exert any important influence on the results, although *Mesocyclops leuckarti* used for experiments did not return to the mud in the laboratory and was active, while *Cyclops vicinus vicinus* was dormant (Fig. 10).

The experiments on copepodid stages, beyond their dormancy period, would probably yield different results. Such an idea was confirmed by the fact that completely different results were obtained in experiments when fully mature specimens of *Cyclops vicinus vicinus* and even *Cyclops bohater*, as well as copepodid stage V of *Cyclops vicinus vicinus* past their resting period occurred in these experiments. The death rate among them was fairly high.

Clearly, then, the effect exerted by the factors of an external environment, causing dormancy, is closely correlated with physiological state of copepodids.

It results from observations that during the initial period of its rest (late June — early July) the time necessary for *Cyclops vicinus vicinus* for its reviving to activity is considerably shorter (a few minutes to 1 hour) than the time necessary for „awakening” copepodids of this species in August, that is, half the way through its dormant period (up to several hours). Copepodids revived when transported from the reservoir to the laboratory in June (*Cyclops vicinus vicinus*) and in December (*Thermocyclops oithonoides*), passed once more to the dormancy as soon as they reached laboratory. Copepodids caught near the end of their dormant period (*Cyclops vicinus vicinus* — in October), as well as at its very beginning and end (*Mesocyclops leuckarti* and *Thermocyclops oithonoides* — October and March) did not pass to the mud when brought to laboratory.

A fact seems to result from these observations that resting state is deeper half way through this period than at its beginning and end. This can prove that various phases of the dormant period of copepodids vary in their physiological aspects.

Summary

Dormant specimens of *Cyclops vicinus vicinus* Ulj. in copepodid stage IV, *Cyclops bohater* Kožm. in copepodid stage V, *Mesocyclops leuckarti* (Claus) and *Thermocyclops oithonoides* (G. O. Sarš), both of them in copepodid stages IV and V, from the bottom sediments of Lake Stary Dwór near Olsztyn and the clay pit in Warsaw constituted an object of the present work.

(1) Transitory states of activity and correspondingly characteristic positions of the antennules and legs, as well as a degree of sensitivity to touch were distinguished during the passage of the copepodids from their dormant to active state. States from 1 (active), through 2, 3 up to 4 (dormant) follow successively one after another in passing to dormant state and — in a reverse order, that is, from 4 to 1 — in passing from dormancy to active state. State 5 (agonal state), from which copepodids can return to active stage, has also been distinguished.

(2) A hypothesis on the state of dormancy being determined by the lack of oxygen in the environment was confirmed by all the three variants of experiments, that is, (a) removing oxygen from water in nitrogen medium contained in the anaeroscop, (b) reduction of oxygen by acting with H₂S and FeS and, (c) oxygen consumption by living organisms placed in sealed up capillary tubes. Resting state 4 obtained

during experiments was, however, considerably less durable than under normal conditions. Long stay of copepodids in an oxygen-free environment resulted in their death.

(3) An increase in concentration of H_2S caused faster passage of copepodids to state 4, and then — to state 5 concluded with their death.

(4) It is clear from observations of *Cyclops vicinus vicinus* that near the beginning and end of the resting period, the depth of dormancy is smaller than half way through this period, that is, copepodids pass from dormant to active state faster at the beginning and end of their resting period than in the middle of it.

Dormant copepodids sampled from bottom sediments and then, artificially revived at the beginning and end of the resting period, did not return to the mud any more. Those revived in the middle of their resting period — passed once more to resting state in the mud. (Observations on *Cyclops vicinus vicinus*, *Mesocyclops leuckarti* and *Thermocyclops oithonoides*).

This would indicate the existence of physiological differences among copepodids during various periods of their dormancy.

REFERENCES

1. Błażennowa A. H., Ilinskaja A. A., Rapoport F. M., 1954. Analiz gazow w chemiczeskoj promyszlennosti. Goschimizdat, Moskwa.
2. Cole G. A., 1953. Notes on copepod encystment. *Ecology*, 34:208—211.
3. Deevey E. S., 1941. Notes on the encystment of the harpacticoid copepod *Canthocamptus staphylinoides* Pearse. *Ecology*, 22:197—200.
4. Meyling A. H., Frank G. H., 1962. A simple method of determining dissolved oxygen with indigo carmine. *The Analyst*, 87:60—62.
5. Paschalski J., 1963. Bradymiksja jeziora Starodworskiego. *Zeszyty Naukowe WSR w Olsztynie*, 16.
6. Paschalski J., manuscript.
7. Smyly W. J. P., 1961. The life-cycle of the freshwater Copepod *Cyclops leuckarti* Claus in Esthwaite Water. *J. Anim. Ecol.* 30:153—169.
8. Smyly W. J. P., 1962. Laboratory experiments with stage V copepodids of the freshwater copepod, *Cyclops leuckarti* Claus, from Windermere and Esthwaite Water. *Crustaceana*, 4:273—280.
9. Szlauer L., 1963. The Resting Stages of Cyclopidae in Stary Dwór Lake. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 11(24).
10. Wierzbicka M., 1960. *Cyclops bohater* Koźm. dans le nouveau biotope. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 10(23):143—157.
11. Wierzbicka M., 1962. On the resting stage and mode of life of some species of Cyclopoida. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 10(22):216—229.

K. Stangenberg-Oporowska, A. Sol ski

Stan zanieczyszczenia górnego biegu rzeki Odry*

Katedra Limnologii i Rybactwa WSR we Wrocławiu

Wstęp i zagadnienie

Już dawno było wiadomo (K. Stangenberg 1951), że stan zanieczyszczenia Odry na granicy Polski jest wysoki, a największe obciążenie materiałem organicznym na odcinku Opole-kanal Kopin pochodzi z Czechosłowacji. Podobnie Mroziński, Niedzielowa, Sobota (1949) wskazywali, że źródłem zanieczyszczenia górnego biegu rzeki Odry są ścieki Czechosłowacji.

Także późniejsze prace wykazały (A. Sol ski, K. Stangenberg, M. Stangenberg 1957) wciąż trwający wysoki stan zanieczyszczenia rzeki Odry w jej górnym biegu.

Te całkowicie zgodne wnioski były oparte na niepełnym, często wyrywkowym materiale analitycznym, zbieranym pod kątem innych założeń badawczych, wymagały więc sprawdzenia i ugruntowania. Zostało to umożliwione w 1957 r. przez udzielenie zasiłku przez Komisję Ochrony Zasobów Wodnych i Oczyszczania Ścieków Polskiej Akademii Nauk, za co autorzy wyrażają na tym miejscu głęboką wdzięczność.

Celem pracy było określenie dobowego i całorocznego zakresu zmienności składu chemicznego wody rzeki Odry, stwierdzenie charakteru i przyczyn ewentualnego jej zanieczyszczenia oraz czasu, w którym nasilenie dopływu ścieków było największe. Prześledzenie stanu obciążenia Odry na odcinku Chałupki—Studzienne (k. Raciborza) miało pozwolić na wykazanie, o ile otrzymany z Czechosłowacji ładunek zanieczyszczeń zmniejszył się na skutek procesów samooczyszczania się tej rzeki. Przez porównanie obecnego stanu zanieczyszczenia tego odcinka Odry ze stanem zanieczyszczenia znanym z lat ubiegłych stwierdzono, w jakim stopniu ulega on zmianie.

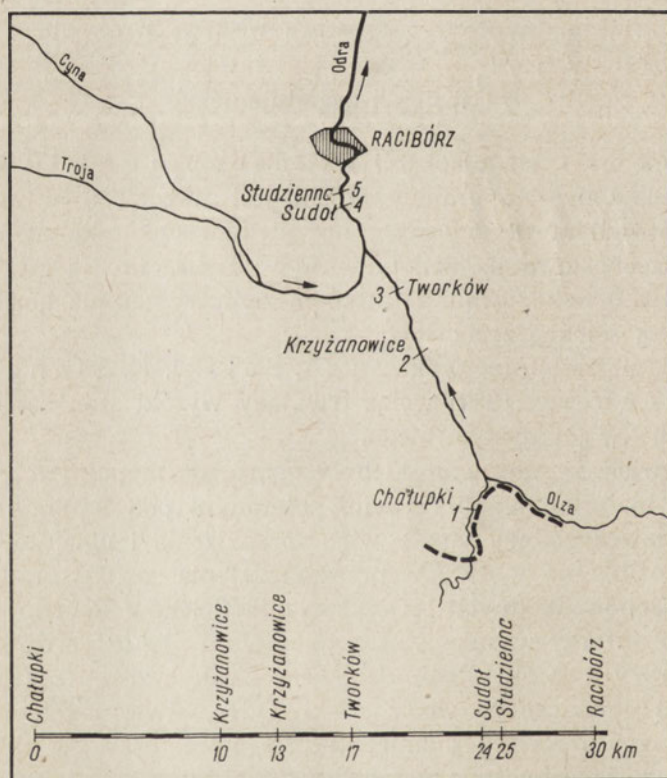
* Praca wykonana została z zasiłku Komisji Ochrony Zasobów Wodnych i Oczyszczania Ścieków PAN.

Materiał i metodyka

Materiał gromadzono od 17.X.57 do 22.X.58 w postaci prób wody do analizy chemicznej, pobieranych szklanym czerpaczem Ruttnera w ilości 1,5 litra:

1) na stanowisku w Chałupkach co tydzień przez cały rok (17.X.57—22.X.58) w godzinach 12—14;

2) 4-krotnie w okresie badań (16/17.X.57, 28/29.I.58, 6/7.V.58 i 11/12.VIII.58) na stanowisku w Chałupkach, co 2—3 godziny w ciągu całej doby;



Rys. 1. Stanowiska poboru prób wody na rz. Odrze, 1957/58
Stellen der Wasserprobenentnahme aus dem Fluss Odra,
1957/58

3) dwukrotnie (17.X.57 i 12.VIII.58) wzdłuż biegu Odry na odcinku Chałupki—Krzyżanowice—Tworków—Sudot—Studzienna k. Raciborza i dwukrotnie (29.I.58 oraz 7.V.58) tylko na stanowisku Chałupki i Studzienna (rys. 1).

Razem w okresie badań zgromadzono 96 prób wody, wykonując w każdej po 25, a łącznie około 2500 oznaczeń chemicznych. Oznaczenia wykonywano ujednostajnionymi metodami zestawionymi przez Justa i Hermanowicza (1955) opartymi na amerykańskich Standard Methods for the Examination of Water and Sewage (1960). Fosforany oznaczano wg Mauchy (1932), fosfor całkowity wg Taylora (1937), a potas za pomocą fotometru płomieniowego Zeissa. Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu oznaczano metodą rozcieńczeń.

Charakterystyka hydrologiczna rzeki Odry w okresie badań (17.X.57—22.X.58)

Wodowskazy położone najbliżej miejsca badań znajdują się na rzece Odry w Chałupkach po stronie polskiej oraz 200 m powyżej, w Bohuminie na terenie Czechosłowacji. Dla zobrazowania stosunków hydrologicznych Odry posłużono się danymi PIHM dotyczącymi wodowskazu w Chałupkach. W razie braku w notowaniach uzupełniano je materiałami czeskimi (po wprowadzeniu odpowiedniej korekty)*.

Powierzchnia dorzecza Odry po m. Chałupki wynosi 4596 km² (wg PIHM—Katowice). Rzędna zera wodowskazu w Chałupkach (założonego w r. 1891 na 20,7 km rz. Odry) leży na 192,65 m n.p.m.

Absolutny najwyższy stan wody na tym wodowskazu stwierdzono 11.VII.1903 (675 cm), a absolutnie najniższy 2.X.1928 (126 cm).

Przegląd charakterystycznych stanów wody na stanowisku Chałupki dla okresu 14-lecia (1946—1959) daje tab. I. Codzienne stany wodowskazu za okres badań (rok hydrologiczny 1958 i ostatni miesiąc (X) roku hydrologicznego 1957) oraz odpowiadające im przepływy przedstawia rys. 2. Jak widać, stan wody w czasie badań wahał się od 145 cm (17 i 18.IX.58) do 477 cm (30.VI.58) przy średniej rocznej 193 cm. Odpowiednio wielkość przepływów sięgała od 6,5 m³/sek. do 452 m³/sek., zaś średnia roczna przepływu wynosiła 46 m³/sek. Stwierdzone minimum (145 cm) okresu badań było bardzo zbliżone do średniej z najniższych (148 cm), z wielolecia natomiast maksimum roczne (477 cm) należało do grupy czterech najwyższych wartości stwierdzonych w czternastoletnim okresie czasu. Średni niski stan wody dla roku hydrologicznego 1958 (148 cm) był równy średniej z najniższych dla omawianego 14-lecia. Odpowiadał mu przepływ około 7—8 m³/sek.

* Za wyczerpujące i szybkie dostarczenie danych hydrologicznych dla rz. Odry (wodowskaz w Bohuminie) przez Urząd Hydrologiczny w Pradze i dla wodowskazu w Chałupkach przez PIHM w Katowicach składamy serdeczne podziękowanie.

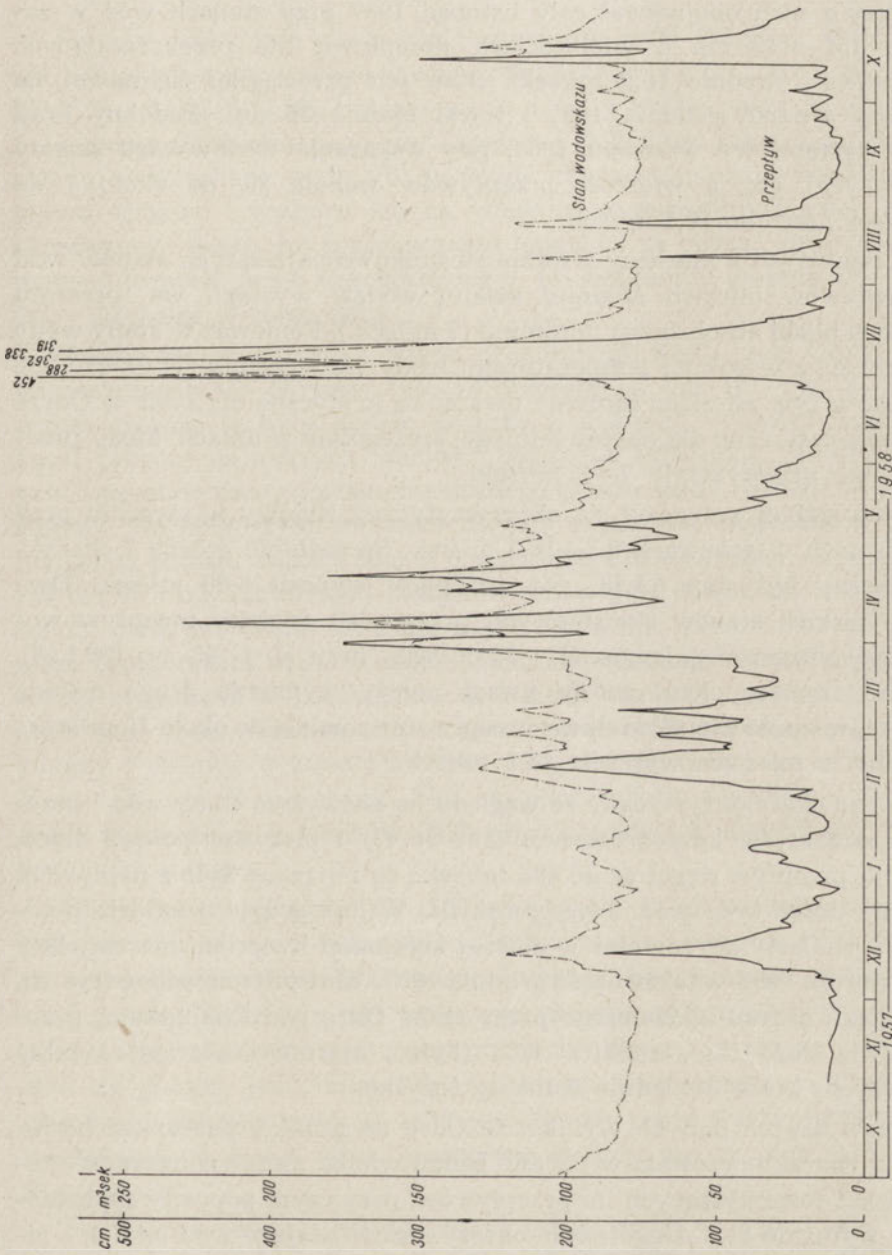
Tabela I

Charakterystyczne stany i objętości przepływów wody rzeki Odry dla wodowskazu Chałupki (1946—1959)

Charakteristische Wasserstände und Volumina der Durchflüsse im Odra-Fluss, nach den Angaben d. Pegelstelle Chałupki, in den Jahren 1946—59

Rok Jahr	Minimum roczne Jährliches Minimum		Średnia roczna Jahresmittelwert		Maksimum roczne Jährliches Maximum		Średnia niska woda H cm M.N.	Średnia niska przepływu Q, m ³ /sek M,N,Q.
	H cm	Q m ³ /sek	H cm	Q m ³ /sek	H cm	Q cm ³ /sek		
1946	140	5,0	196	40,0	406	334	—	—
1947	140	5,0	199	45,0	424	370	—	—
1948	165	20,0	193	37,0	381	295	—	—
1949	144	6,0	205	50,0	518	—	—	—
1950	137	4,0	172	21,0	295	163	—	—
1951	159	13,0	202	46,0	570	—	—	—
1952	152	10,0	201	45,5	408	339	—	—
1953	151	10,0	201	45,5	380	292	—	—
1954	144	6,0	171	20,0	477	452	—	—
1955	149	9,0	194	39,0	352	247	—	—
1956	145	7,0	184	30,0	302	171	—	—
1957	149	9,0	185	31,0	326	205	—	—
1958	145	7,0	193	37,0	477	452	148	7—8
1959	144	6,0	177	25,0	444	395	—	—
Średnia z okresu notowań- Mittlere von Werten in betr. Zeit- raum	148	8,3	191	36,5	411	293	—	—
Najniższa absolutna Absolute Minimum ... 126 cm (2.X.1928)								
Najwyższa absolutna Absolute Maximum ... 675 cm (11.VII.1903)								

Z powyższego wynika, że w okresie niskich i najniższych stanów wód rzeką Odrą pod Chałupkami płyną małe ilości wody, nie zapewniające większych rozcieńczeń ściekom dopływającym z wysoce uprzemysłowanej zlewni Odry na terenie Czechosłowacji. Rozpatrując układ



Rys. 2. Stany wody i odpowiadające im przepływy w rz. Odrze pod Chałupkami w okresie badań 1957/58
 Wasserstände und Durchflüsse des Odra-Wassers, Untersuchungsstelle Chałupki, 1957/58

i sumę czasów trwania najniższych stanów wody w Odrze widać (rys. 2), że w czasie badań wystąpiły cztery szczególnie niebezpieczne okresy. Pierwszy z nich obejmował cały listopad 1957 przy stanach wód w zakresie 151—159 cm o wielkościach przepływu nie przekraczających $12,6 \text{ m}^3/\text{sek.}$ (średnio $10,9 \text{ m}^3/\text{sek.}$). Stan ten przeciągnął się nawet na pierwszy tydzień grudnia 1957 i trwał łącznie 36 dni. Podobny brak wody wystąpił we wrześniu 1958, gdy wskazania wodowskazu sięgały od 145—157 cm, a wielkość przepływów wahała się od około 7 do $18 \text{ m}^3/\text{sek.}$, średnio $10,3 \text{ m}^3/\text{sek.}$

W ciągu tych 2 miesięcy trwania stosunkowo najniższych stanów wód i przepływów bliskich średniej niskiej wodzie wystąpił we wrześniu przepływ bliski absolutnego minimum ($7 \text{ m}^3/\text{sek.}$). Ponieważ te stany wody zbiegały się z wysokimi temperaturami wody we wrześniu ($17,0\text{—}22,0^\circ\text{C}$), stosunki w tym miesiącu możemy uważać za krytyczne dla życia w Odrze i charakterystyczne dla okresu letniego, szczególnie w dniach, kiedy przepływy nie przewyższały $7\text{—}8 \text{ m}^3/\text{sek.}$

Nieco słabiej zaznaczył się okres krytyczny zimy w styczniu przy przepływach w granicach $8,7\text{—}16,3 \text{ m}^3/\text{sek.}$ Szczególnie groźny i charakterystyczny był stan 6.I.58, gdy przepływ wynosił $8,69 \text{ m}^3/\text{sek.}$ Dwa okresy niskich stanów styczniowych przegrodził większy przepływ wody z maksimum sięgającym $Q = 38 \text{ m}^3/\text{sek.}$ przy $H = 193 \text{ cm}$ (20.I.58).

Jako czwarty okres godny uwagi należy wymienić drugą dekadę czerwca, w czasie której wielkość przepływów zmalała do około $10 \text{ m}^3/\text{sek.}$, a średnia z miesiąca wynosiła $14,8 \text{ m}^3/\text{sek.}$

Bardzo charakterystyczny ze względu na najwyższe stany wód i przepływy okazał się koniec czerwca (29—30.VI) i pierwsza połowa lipca, w której przepływ sięgał aż do $452 \text{ m}^3/\text{sek.}$, co związane było z napływem wielkiej ilości tzw. wód świętojańskich. W tej grupie wielkich przepływów znalazły się również w dalszej kolejności kwiecień, marzec, luty i październik 1958, a także część grudnia 1957. W rezultacie widać (rys. 2), że w ciągu okresu badawczego przez rzekę Odrę pod Chałupkami przeszły dwie duże fale wielkich wód (lipiec, marzec—kwiecień) i kilka mniejszych, które dokładnie splukały łożysko.

Z powyższych danych wynika, że Odrę na granicy polsko-czechosłowackiej charakteryzowała w okresie badań wielka nierównomierność stanów wód i towarzyszących im przepływów, przy czym pojawiły się szczególnie wyraźnie dwa długotrwałe okresy niskich stanów wód letnich i jesiennych (listopad 1957 i wrzesień 1958), dwa niskie stany wody w zimie i połowie czerwca, kilka wysokich stanów wód i bardzo wysoki stan w lipcu, w którym rzeka Odra przeszła stan powodziowy.

Zmiany składu chemicznego wody rzeki Odry pod Chałupkami

a) Zmiany dobowe

Dobową zmienność stanu zanieczyszczenia wód Odry na stanowisku w Chałupkach obserwowano w ciągu roku 4-krotnie (16/17.X.57, 28/29.I.58, 6/7.V.58 i 11/12.VIII.58), pobierając do analizy próby wody w odstępach 2—3 godzin. Pozwoliło to na: (a) określenie dobowego zakresu zmienności składu chemicznego wody, (b) poznanie czasu najintensywniejszego dopływu ścieków i wpływu ich na wielkość poszczególnych cech składu chemicznego wody, (c) sprecyzowanie poglądu na rodzaj zanieczyszczeń wprowadzanych przez Czechosłowację, (d) obliczenie stopnia obciążenia Odry ściekami w ciągu doby.

Zakres dobowych zmian składu chemicznego wody rzeki Odry w ciągu poszczególnych okresów 1957/58 przedstawia tab. II i rys. 3—8. Jak widać, zmiany te były bardzo znaczne i niekiedy wynosiły nawet kilkaset procent najniższych wartości badanego składnika. Zmianom ulegały wszystkie cechy fizyko-chemicznego składu wody, jednak w różnym stopniu. Najmniejszym zmianom ulegały zawartości fosforanów, żelaza, manganu, potasu, wapnia, suchej pozostałości i utleniałości, największym zaś barwa wody, zawartości związków azotowych, chlorków, ciał lotnych, fenoli, cjanków, biochemicznego zapotrzebowania tlenu i nasycenia tlenem. Temperatura wody w czasie badań zmieniała się nieznacznie, co jest raczej wyjątkiem w porównaniu do innych znanych obserwacji na rzekach (np. rzeka Niemen, Stangenberg 1958). Szczególnie wielkie zmiany wystąpiły w zawartości azotanów w ciągu doby, np. od 0,60 mg/l N do 4,00 mg/l N w sierpniu 1958, co niewątpliwie świadczy o dopływie ścieków miejskich z terenów CSR oraz bilansie ich nitryfikacji i denitryfikacji w rzece.

Ponieważ w październiku 1957 stan wody w ciągu doby nie ulegał żadnym zmianom, a w badanych dobach stycznia i sierpnia 1958 zmieniał się tylko nieznacznie (tab. II), można uważać, że wykazane zmiany powstały prawie wyłącznie pod wpływem różnego rytmu dopływu ścieków przemysłowych i miejskich z terenu Czechosłowacji, zarówno pod względem ich jakości, jak i ilości. Zmiany składu chemicznego wody obserwowane w ciągu doby majowej 1958 pozostawały także pod wpływem zmian rozcieńczeń w rzece, gdyż przepływy wahały się w granicach 59,5—65,0 m³/sek.

Największe zmiany składu chemicznego wody w ciągu doby występowały przeważnie w październiku (16/17.X.57), mniejsze w styczniu (28/29.I.58) i sierpniu (11/12.VIII.58), najmniejsze zaś w maju (6/7.V.58. tab. III).

Tabela II

Zakres wahań składu chemicznego wody rz. Odry w ciągu doby w poszczególnych okresach badań (stanowisko Chałupki), 1957/58 r. (mg/l)

Schwankungsbereich der chemischen Wasserzusammensetzung des Odra-Flusses binnen 24-Stunden, in vier Untersuchungsperioden d. J. 1957/58 (Untersuchungsstelle Chałupki)

Bestimmungen	16/17.X.57	28/29.I.58	6/7.V.58	11/12.VIII.58
Barwa — Farbe, Pt	200—350	200—220	100—110	150—180
Amoniak — Amonium, N(NH ₄)	1,40—2,40	7,40—9,50	1,40—2,02	0,86—1,30
Azotyny — Nitrite, N(NO ₂)	0,28—0,80	0,10—0,25	0,05—0,15	0,16—0,40
Azotany — Nitrate, N(NO ₃)	0,14—2,40	0,30—1,20	0,60—1,40	0,60—4,00
Azot org. — Org. Stickstoff, N	1,44—3,31	2,22—2,50	1,16—1,88	0,96—1,40
Chlorki — Chloride, Cl	100—150	112—180	26—39	57—90
Fosforany — Phosphate, PO ₄	0,30—0,45	0,70—1,30	0,25—0,50	0,30—0,60
Fosfor całk. — Total Phosphor, PO ₄	1,18—1,80	1,52—1,76	0,40—0,88	0,60—0,92
Fosfor związany — Geb. Phosphor, PO ₄	0,83—1,40	0,38—0,95	0,10—0,42	0,04—0,58
Żelazo og. — Total Eisen, Fe	3,40—7,40	3,40—5,20	1,30—1,80	1,40—3,60
Potas — Kalium, K	—	14,1—16,7	4,30—5,00	6,00—8,50
Mangan — Mangan, Mn	0,70—1,06	1,80—2,70	0,90—1,45	0,85—1,15
Zasadowość — Alkalinität, CaCO ₃	83—102	107—125	45—50	85—105
Twardość og. — Gesamthärte, CaCO ₃	160—200	220—260	95—114	150—170
Twardość niewęglanowa — Nichtkarbonat-härte, CaCO ₃	63—117	105—150	50—67	65—85
Sucha pozostałość — Trockenrückstand	595—761	767—915	298—372	457—554
Pozostałość po prażeniu — Glührückstand	277—503	543—666	195—254	310—410
Ciała lotne — Glühverlust	134—348	208—255	77—53	124—162
Sucha pozostałość sączona — Trockenrück-standfiltriert	498—653	614—765	209—301	391—464
Utlenialność — Oxydierbarkeit, O ₂	132—153	190—209	64,8—77,6	45,2—51,8
Temperatura — Temperatur, °C	14—14,6	3,4—5,0	11,4—12,5	19,7—20,6
Tlen aktualny — Sauerstoff, O ₂	1,9—3,8	3,4—5,0	5,7—6,7	2,4—4,4
Nasylenie tlenem — Sauerstoffsättigung, %O ₂	18,0—36,2	25,4—38,1	51,9—60,4	25,6—47,4
BZT ₅ — BSB ₅ — 20°C, O ₂	14,4—20,0	28,5—36,0	6,8—10,6	8,1—13,2
Fenole — Phenole	0,7—6,0	0,7—3,7	0,15—0,40	0,15—0,70
Cjanki — Cyanide, CN	—	0,02—0,14	śląd—0,03	0,08—0,16
Stan wodowskazu — Pegelstand, cm	164—164	157—158	214—219	178—180

Można sądzić, że przyczyną tego było przede wszystkim uruchomienie sezonowego przemysłu rolnego (cukrownie). Najmniejszemu wahaniu w ciągu doby ulegał skład chemiczny wody w ciągu doby na wiosnę 1958 (maj), zapewne na skutek największego rozcieńczenia ścieków największymi w badanym czasie ilościami wody w korycie.

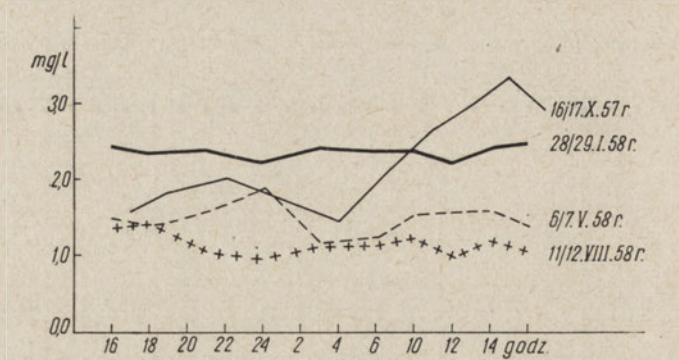
Tabela III

Wielkość różnic dobowego zakresu wahań składu chemicznego wody rz. Odry w 4 okresach 1957/58 (mg/l)

Differenzengröße des 24-stündigen Schwankungsbereichs der chemischen Zusammensetzung des Oberwassers in 4 Untersuchungsperioden d. J. 1957/58 (mg/l)

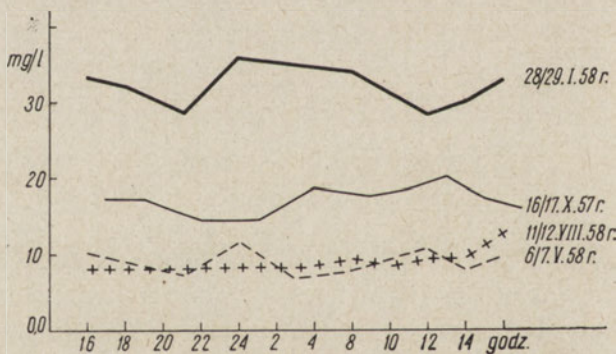
Oznaczenie Bestimmung	16/17.X.57	28/29.I.58	6/7.V.58	11/12.VIII.58	Przybliżony stosunek Angenäherte Wertverhältnis V : X
Sucha pozostałość Trockenrückstand	166	148	74	97	1 : 2
Ciała lotne Glühverlust	114	47	24	38	1 : 5
Twardość stała, CaCO ₃ Nichtkarbonathärte	54	45	17	20	1 : 3
Chlorki, Cl Chloride	50	68	13	33	1 : 4
Azot organiczny, N Org. Stickstoff	1,87	0,28	0,72	0,43	1 : 2,5
Utlenialność, O ₂ Oxydierbarkeit	21	19	12,8	6,6	1 : 1,6
Barwa, Pt Farbe	150	20	10	30	1 : 15
BZT ₅ — 20°C, BSB ₅ — 20°C O ₂	5,6	7,5	3,8	5,1	1 : 1,5
Fenole, Phenole	5,3	3,0	0,25	0,55	1 : 20
Azotany, N(NO ₃) Nitrate	2,26	0,90	0,50	3,40	—
Azotyny, N(NO ₂) Nitrite	0,52	0,15	0,10	0,24	—

Stosunek wahań zawartości składników w ciągu doby między dobą o najwyższych wahaniach (październik) i dobą o wahaniach najmniejszych (maj, tab. III) wynosił 1,5—2 (sucha pozostałość, utlenialność, BZT₅—20°C), 1:20 (fenole) i 1:15 (barwa). Poziom wielkości różnych wskaźników zanieczyszczeniowych w wodzie Odry w ciągu badanych dób 1957/58 był bardzo różny. Tak np. podwyższone ilości azotu organicznego (rys. 3) wystąpiły w ciągu doby styczniowej 1958 i październikowej 1957, co zapewne pozostaje w związku z sezonową działalnością przemysłu rolniczego (kampania cukrownicza październik—styczeń). Również z tego samego względu mogło być szczególnie wysokie biochemiczne zapotrzebowanie tlenu w styczniu 1958 (rys. 4) i podwyższone w październiku 1957. Przeważnie bardzo duże ilości fenoli (ok. 3 mg/l) znajdowano przez całą dobę 28/29.I.58 z wyjątkiem godz. 10 rano, a znowu



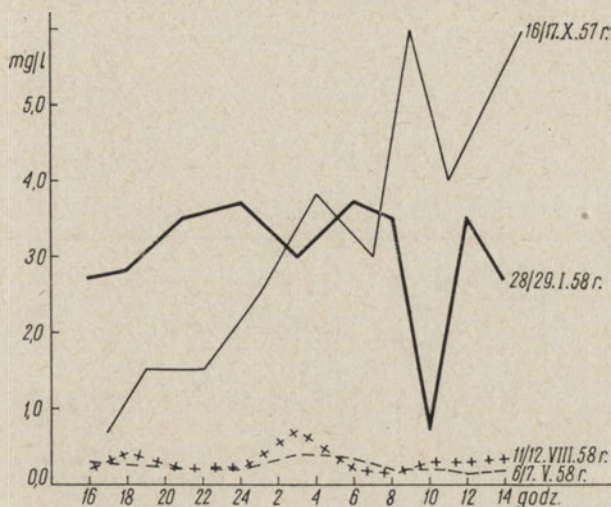
Rys. 3. Dobowe zmiany zawartości azotu organicznego w wodzie rz. Odry pod Chałupkami, 1957/58, mg/l
24-stündige Änderungen des organischen Stickstoffgehaltes im Odra-Wasser bei Chałupki, 1957/58, mg/l

w ciągu doby 16/17.X.57 ilość fenoli wzrastała od 0,7 mg/l o godz. 16 do 6 mg/l w godzinach południowych dnia następnego (rys. 5). Także największe ilości chlorków wystąpiły w październiku 1957 i styczniu 1958 przy o wiele niższym ich poziomie w maju i sierpniu 1958 (rys. 6). Bardzo wysoki poziom azotynów, przy dużej zmienności, wystąpił w ciągu doby 16/17.X.57 (rys. 7), natomiast azotanów (rys. 8) szczególnie dużo

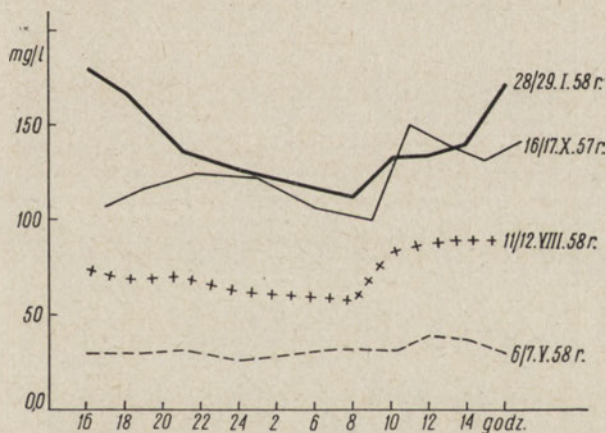


Rys. 4. Dobowe zmiany biochemicznego zapotrzebowania tlenu w wodzie rz. Odry pod Chałupkami, 1957/58, mg/l
24-stündige Änderungen des biochemischen Sauerstoffbedarfes im Odra-Wasser bei Chałupki, 1957/58, mg/l

zanotowano w ciągu doby sierpniowej z wybitnym maksimum (4,0 mg/l N) w okresie nocnym. W ciągu doby październikowej wystąpiły dwa wybitne maksima zawartości azotanów (2,0—2,5 mg/l N), jedno w nocy, a drugie w południe. W styczniu i maju 1958 było ich znacznie mniej, jednak i tak poziom ich był raczej wysoki (ok. 1 mg/l N) w porównaniu do



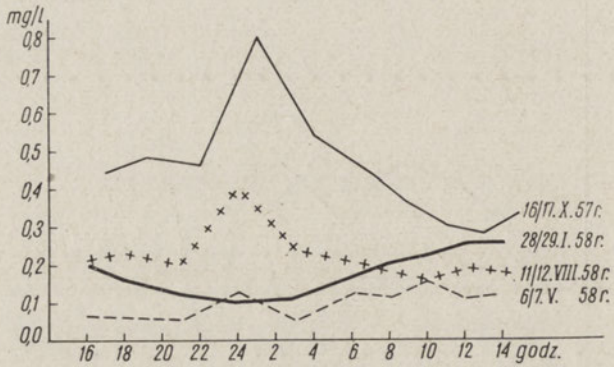
Rys. 5. Dobowe zmiany zawartości fenoli w wodzie rz. Odry pod Chałupkami, 1957/58, mg/l
24-stündige Änderungen des Phenolgehaltes im Odra-Wasser bei Chałupki, 1957/58, mg/l



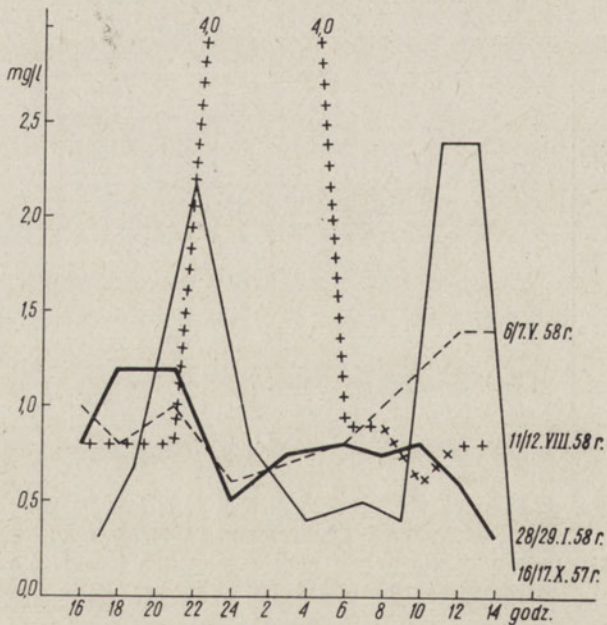
Rys. 6. Dobowe zmiany zawartości chlorków w wodzie rz. Odry pod Chałupkami, 1957/58, mg/l
24-stündige Änderungen des Chloridgehaltes im Odra-Wasser bei Chałupki, 1957/58, mg/l

innych rzek, gdzie azotany często napotymano tylko w setnych mg/l N (M. Stangenberg 1958).

W świetle przeprowadzonej analizy widać wyraźnie, że skład chemiczny wody rzeki Odry ulegał bardzo daleko idącym zmianom w ciągu doby jak też i dużym różnicom w poszczególnych okresach dobowych



Rys. 7. Dobowe zmiany zawartości azotynów w wodzie rz. Odry pod Chałupkami, 1957/58, mg/l
24-stündige Änderungen des Nitrategehaltes im Odra-Wasser bei Chalupki, 1957/58, mg/l



Rys. 8. Dobowe zmiany zawartości azotanów w wodzie rz. Odry pod Chałupkami, 1957/58, mg/l
24-stündige Änderungen des Nitrategehaltes im Odra-Wasser bei Chalupki, 1957/58, mg/l

w roku. Z tego wynika z kolei wniosek, że przy tak intensywnym i różnorodnym zanieczyszczeniu, jakie cechuje wodę Odry, nie wystarcza jednorazowe, a nawet kilkurazowe badanie zbiornika. Dla pełnej charakterystyki jego zanieczyszczenia konieczne jest prowadzenie badań całorocznych, szczególnie w okresie nasilenia sezonowych kampanii przemysłowych, czyli w nawiązaniu do sezonowej działalności przemysłu.

Tabela IV

Godziny występowania maksymalnych i minimalnych ilości niektórych wskaźników związków organicznych, fenoli, chlorków i cjanów w wodzie rzeki Odry w 4 badanych dobach 1957/58 r. pod Chałupkami.

Zeit des Auftretens der maximalen und minimalen Mengen indexe von organischen Stoffen (Oxydierbarkeit, BSB₅, Glühverlust, Org. Stickstoff), Phenole, Chloride und Cyanide im Wasser des Oder-Flusses in vier Untersuchungsperioden 1957/58 an der Grenze Polens (U. St Chałupki)

Data Datum	Wskaźniki zawartości zw. organicznych (utlenialność, BZT ₅ , ciała lotne, azot org.). Indexe der organischen Stoffen (Oxydierbarkeit, BSB ₅ , Glühverlust, Org. Stickstoff)		Chlorki Chloride		Fenole Phenole		Cjanki Cyanide	
	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.
16/17.X.57	11 ⁰⁰ —15 ⁰⁰	22 ⁰⁰ —7 ⁰⁰	15 ⁰⁰	7 ⁰⁰	9 ⁰⁰ —15 ⁰⁰	17 ⁰⁰ —22 ⁰⁰	—	—
28/29.I.58	14 ⁰⁰ —(3—6 ⁰⁰)	6 ⁰⁰ —12 ⁰⁰	14 ⁰⁰	6 ⁰⁰	24 ⁰⁰ —6 ⁰⁰	10 ⁰⁰	8 ⁰⁰ —14 ⁰⁰	16 ⁰⁰ —6 ⁰⁰
5/6.V.58	10 ⁰⁰ —24 ⁰⁰	3 ⁰⁰ —10 ⁰⁰	10 ⁰⁰	24 ⁰⁰	3 ⁰⁰	12 ⁰⁰	18 ⁰⁰ —21 ⁰⁰	3 ⁰⁰ —8 ⁰⁰
11/12.VIII.58	10 ⁰⁰ —18 ⁰⁰	21 ⁰⁰ —8 ⁰⁰	12 ⁰⁰	6 ⁰⁰	3 ⁰⁰	8 ⁰⁰	12 ⁰⁰ —14 ⁰⁰	16 ⁰⁰ —3 ⁰⁰

Z przeprowadzonej analizy czasu pojawiania się skrajnych wielkości cech składu chemicznego wody Odry w ciągu badanych dób okazało się, że najwyższe zawartości związków organicznych w ciągu doby z trzech okresów badawczych (październik, maj, sierpień) przypadały na godz. 10—11 rano i trwały do godzin popołudniowych (15—18), a w maju do godz. 24. W styczniu okres ten trwał od godz. 14⁰⁰ aż po godziny ranne (3—6). Wysokim zawartościom związków organicznych towarzyszyły także najwyższe lub jedno z najwyższych stężenia innych cech, jak twardości stałej, chlorków, żelaza i manganu.

Minimalne zawartości związków organicznych w wodzie Odry przypadały (tab. IV) w październiku i sierpniu na godziny od około północy (22—21) do godzin rannych (7—8), w maju od świtu (godz. 3) do godz. 10, w styczniu od godz. 6 do 12. Zatem czas występowania najwyższych stężeń wskaźników zawartości związków organicznych w wodzie Odry w ciągu doby z wyjątkiem stycznia (28/29.I.58) przypadał na godziny póź-

noranne do godzin popołudniowych, natomiast okres późnej nocy i wczesnych godzin rannych był związany z występowaniem najniższych zawartości związków organicznych w rzece.

Niewątpliwie jest to związane z rytmem pracy zakładów produkcyjnych i życiem miast, jednak znaczna i różna odległość od nich do stanowiska badań powoduje, że czas przepływu jest różny, a to, co zaobserwowano w Chałupkach, jest ich wypadkową. W każdym razie przy ustalaniu godzin jednorazowego poboru prób wody na dobę należałoby tymi danymi się kierować i pobierać próby w okresie spodziewanego maksymalnego zanieczyszczenia wody.

Najwyższe zawartości fenoli w wodzie (tab. IV, rys. 5) stwierdzano najczęściej w okresie późnej nocy lub wczesnych godzin rannych (24, 3, 6). W październiku (16/17.X.57) dobowe nasilenie zawartości fenoli przypadło na godz. 9 i 15. Wskazywałoby to na uderzeniowy sposób usuwania ścieków fenolowych. Najniższe zawartości fenoli w ciągu doby wykrywano w różnych porach dnia, od godz. 8 do 17 (rys. 5).

Największa regularność występowania dobowych maksimów i minimum zaznaczyła się w chlorkach, których najwyższe stężenia stwierdzano na ogół w godz. 10—15 (tab. IV, rys. 6), zaś najniższe we wczesnych godzinach rannych. Wyraźnej regularności występowania maksymalnych i minimalnych stężeń cjanów w ciągu doby nie udało się stwierdzić.

Dobowe zmiany stężeń azotanów w wodzie Odry i związane z tym różnice okazały się dość charakterystyczne. Jak wynika z rys. 7 i 8, przebieg krzywych zawartości tak azotanów jak i azotynów w poszczególnych godzinach doby wskazuje, że najwyższe stężenia tych wskaźników przypadały na godziny nocy i świtu, co mogło wiązać się tak z dopływem większych ilości ścieków, jak i z różnym natężeniem procesów nitryfikacji i denitryfikacji w tym czasie.

Zmienność obciążenia ściekami wody Odry pod Chałupkami w poszczególnych dobach charakteryzuje tab. V, z której wynika, że maksymalne obciążenie związkami organicznymi wyrażone jako utlenialność (417 t/doba), BZT₅ — 20°C (57 t/doba) czy N org. (10,1 t/doba) wystąpiło w ciągu doby 6/7.V.58.

Fenole w najwyższym stopniu (8,1 t/doba) obciążały wodę Odry w ciągu doby w październiku 1957, a następnie w styczniu 1958 (3,78 t/doba), znacznie zaś mniej w maju i sierpniu 1958.

Najwięcej cjanów (0,36 t/doba) płynęło Odrą w ciągu doby w okresie sierpniowym, mniej w styczniu, a najmniejsze ilości stwierdzono w maju (16 kg/doba). Zmienność ładunków poszczególnych wskaźników zanieczyszczenia była w ciągu doby znaczna, jednak stosunkowo mniejsza aniżeli ilości stwierdzane w litrze wody. Jest to zrozumiałe, bo został tu wyeliminowany czynnik rozcieńczenia.

Tabela V

Zakres wahań ładunków substancji obciążających wodę rzeki Odry pod Chałupkami w ciągu doby w różnych okresach 1957/58 r., (t/doba)

Schwankungsbereich der Abwasserbelastung des Oderwassers bei Chałupki in den einzelnen 24-stündigen Zeitabschnitten d. J. 1957/58 (T/24 Stunden)

Data — Datum	16/17.X.57	28/29.I.58	6/7.V.58	11/12.VIII.58
Sucha pozostałość Trockenrückstand	802—1.026	782—933	1.603—2.000	1.036—1.256
Ciała lotne Glühverlust	180,6—469	212—260	285—414	281—367
Azot organiczny, N Org. Stickstoff	1,94—4,46	2,26—2,55	6,24—10,1	2,18—3,17
Utlenialność, O ₂ Oxydierbarkeit	178—206	194—213	348—417	102—117
BZT ₅ — 20°C, O ₂ BSB ₅ — 20°C, O ₂	19,4—27	29,1—36,7	36,5—57	18,4—29,9
Chlorki, Cl Chloride	135—202	114—183	140—210	129—204
Fenole Phenole	0,94—8,1	0,72—3,78	0,8—2,15	0,34—1,59
Cjanki, CN Cyanide	—	0,021—0,14	śląd—0,016	0,18—0,36

Wysokie wskaźniki zawartości związków organicznych (barwa, utlenialność i BZT₅, ciała lotne, azot organiczny) w badanych okresach dobowych całego roku świadczą o dopływie do Odry dużych ilości ścieków pochodzenia organicznego, najprawdopodobniej ścieków miejskich oraz z przemysłu rolnego (ze względu na intensywność wzrostu tych wskaźników w okresie jesieni). Z analiz wynika także, że do Odry prócz wymienionych uchodziły ścieki innego charakteru, przede wszystkim o znacznych zawartościach fenoli, pochodzące z hut, gazowni i koksowni (przemysł ciężki) oraz silnie zabarwione ścieki celulozowe (przemysł drzewny).

W rezultacie powyższych omówień widać, że:

1. Zakres dobowych zmian składu chemicznego Odry w ciągu 4 badanych okresów 1957/58 był bardzo znaczny, obejmując wszystkie cechy fizyko-chemiczne wody. Niekiedy dochodził on do kilkuset procent najniższych wartości badanego składnika. Największym zmianom ulegała barwa wody, zawartość związków azotowych, chlorków, ciał lotnych, fenoli, cjanków, BZT i nasycenia wody tlenem, najmniejszym zaś temperatura wody rzeki.

2. Zmiany te w badanych dobach (październik, styczeń, sierpień) były wywołane wpływem różnego rytmu dopływu ścieków (stan wody prawie nie ulegał zmianom), natomiast zmiany w ciągu doby majowej (6/7.V.58) powstawały także pod wpływem różnych rozcieńczeń w rzece.

3. Największe zmiany składu chemicznego wody w ciągu doby stwierdzono w październiku, mniejsze w styczniu i sierpniu, najmniejsze zaś w maju (największe rozcieńczenia ścieków największymi ilościami wody w korycie rzeki).

4. Bardzo różny poziom wielkości różnych wskaźników zanieczyszczenia w wodzie w ciągu badanych dobowych okresów 1957/58 wynikał także ze zmian w rytmie pracy przemysłu (kampanie cukrownicze i inne), jak i różnic w rozcieńczeniach. Dla oceny stanu zanieczyszczenia Odry wynika stąd konieczność prowadzenia badań całorocznych, nie zaś jednolub kilkurazowych, szczególnie w okresie nasilenia sezonowej działalności przemysłu rolnego (jesień—zima).

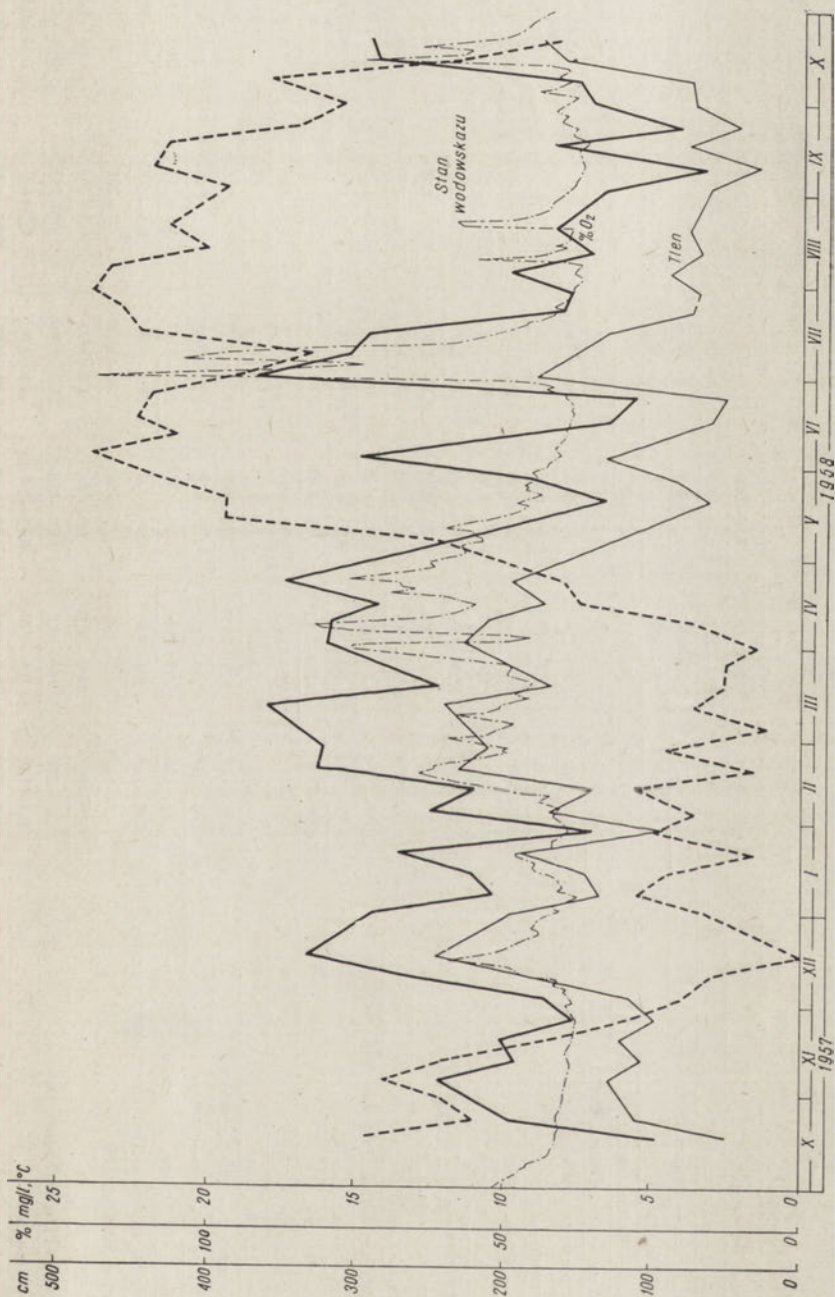
5. W występowaniu najwyższych i najniższych stężeń związków organicznych, fenoli, chlorków, a także azotanów i azotynów, istnieje określony rytm dobowy, przy czym największa regularność występowania dobowych maksimów i minimów zaznaczyła się w chlorkach (tab. IV). W występowaniu cjanków wyraźnej regularności w rytmie dobowym nie zauważono.

6. Maksymalny ładunek związków organicznych znaleziono w Odrze w ciągu doby z 6/7.V.58. Fenole w najwyższym stopniu obciążały wodę w październiku 1957, a następnie w ciągu doby stycznia 1958. Najwięcej cjanków stwierdzono w ciągu doby w sierpniu 1958.

7. Wysokie wskaźniki zawartości związków organicznych (zwłaszcza w jesieni) świadczą o obciążeniu wody Odry ściekami miejskimi i przemysłu rolnego. Prócz wymienionych do Odry uchodzą na terenie Czechosłowacji ścieki o znacznych ilościach fenoli oraz ścieki celulozowe.

b) Zmiany roczne (17.X.57—22.X.58)

Temperatura wody rz. Odry w badanym okresie wahała się od 0,0°C (17.XII.57) do 24,0°C (3.VI. i 29.VII.58, tab. VI, rys. 9). Ponieważ w okresach niskich temperatur powietrza temperatura wody pod Chałupkami była wyższa (patrz niżej) niż na stanowisku w Studziennem, znaczy to, że dopływ cieplejszej wody ze ściekami Czechosłowacji był duży. Potwierdza to także fakt, że na wymienionym stanowisku w ciągu okresu zimowego 1957/58 nie stwierdzono istnienia pełnej pokrywy lodowej na rzece, a nurt wody nigdy nie był zamrożony w tym czasie. Na te spe-



Rys. 9. Temperatura, tlen aktualny i procentowe nasylenie tlenem wody rz. Odry pod Chatupkami w ciągu 1957/58 na tle wahań aktualnych poziomów wody, mg/l
 Temperatur, Sauerstoff und Sauerstoffsättigung im Odra-Wasser bei Chatupki zusammengestellt in Vergleich mit den aktuellen Wasserstände während d. J. 1957/58, mg/l

Tabela VI

Zakres wahań składu chemicznego rzeki Odry pod Chalupkami w czasie 17.X.57—22.X.58 i w okresach charakterystycznych, mg/l
Schwankungsbereich der chemischen Zusammensetzung des Wassers des Odra-Flusses bei Chalupki in der Zeit 17.X.57—22.X.58
und in der charakteristischen Zeitabschnitten (mg/l)

Ornazczenie Bestimmung	17.X.57— —22.X.58	17.X.57— —12.II.58	18.II.58— —27.V.58	3.VI.58— —22.X.58	Przy najniższym sta- nie wód i przepływów In Perioden d. ni- drigsten Wasserstän- de u. Durchflüsse.	Przy najwyższym sta- nie wód i przepływów In Perioden d. höch- stigen Wasserstände u. Durchflüsse.
Temperatura Temperatur, °C	0,0—24,0	0,0—14,6	1,0—22,0	11,5—24,0	4,0—24,00	16,5—22,5
Tlen aktualny — Sauerstoff, O ₂	1,4—12,3	2,4—12,3	3,2—12,1	1,4—8,9	1,4—6,6	6,6—8,9
Nasyconie tlenem — Sauerstoffsättigung %O ₂	15,4—93,1	23,0—83,6	31,9—90,4	15,4—93,1	15,4—75,3	73,5—93,1
Barwa — Farbe, Pt	50—300	70—300	50—120	90—300	140—300	90—100
Zasadowość — Karbonathärte, CaCO ₃	23—150	50—125	23—90	55—150	50—145	55—65
Twardość og. — Gesamthärte, CaCO ₃	80—280	110—270	80—167	90—240	175—280	90—110
Twardość niewęglanowa — Nichtkarbonathärte, CaCO ₃	30—200	35—200	35—78	30—178	70—200	35—50
Sole amonowe — Ammonium, N(NH ₄)	0,54—8,70	1,80—8,70	0,54—3,60	0,60—7,00	3,00—8,70	0,60—1,10
Azotyny — Nitrite, N(NO ₂)	0,009—1,60	0,020—1,40	0,03—1,60	0,009—1,20	0,009—1,400	0,060—0,120
Azotany, Nitrate N(NO ₃)	0,10—6,0	0,10—2,40	0,35—4,0	0,20—6,00	0,20—3,00	0,40—3,00
Azot organiczny — Org. Stickstoff, N	1,10—4,00	1,58—4,00	1,10—1,90	1,20—3,30	1,74—3,30	1,28—1,80
Fosforany — Phosphate, PO ₄	0,20—1,40	0,35—1,00	0,20—0,86	0,20—1,40	0,34—1,20	0,50—0,60
Fosfor og. — Total Phosphor, PO ₄	0,60—2,64	0,60—1,64	0,62—2,00	0,52—2,64	0,60—1,60	0,60—1,13
Fosfor związany — Geb. Phosphor, PO ₄	0,00—2,34	0,20—1,29	0,06—1,40	0,00—2,34	0,10—1,20	0,38—0,63
Żelazo og. — Total Eisen, Fe	0,70—7,00	1,00—7,00	0,80—4,00	0,70—7,00	1,50—7,00	0,70—1,00
Mangan — Mangan, Mn	0,40—7,10	0,70—2,80	0,40—2,40	0,40—7,10	1,00—7,10	0,40—0,75
Potas — Kalium, K	3,00—14,2	6,00—14,2	3,70—10,0	3,0—13,5	9,5—14,2	3,0—5,0
Chlorki — Chloride, Cl	19—248	32—248	19—57	25—149	81—248	38—140
Sucha pozostałość — Trockenrückstand	280—1352	319—935	280—569	325—1352	500—935	340—596
Pozostałość po prażeniu — Glührückstand	176—1029	226—765	176—424	226—1029	381—765	226—457
Ciała lotne — Glühverlust	80—323	93—296	80—145	85—323	112—223	102—139
Sucha pozost. sączona — Trockenrückstand filtriert	208—916	301—916	208—402	215—648	383—916	298—395
Zawiesiny — Schwebestoffe	9—1126	18—366	9—172	9—1126	9—201	42—201
BZT ₅ — BSB ₅ , 20°C, O ₃	3,0—36,0	14,0—36,0	3,0—15,5	6,3—34,0	16,5—36,0	6,3—8,10
Utlencalność — Oxydierbarkeit, O ₂	28—211	64—211	54,8—88,0	28,0—106,6	69—211	28,0—47,4
Fenole — Phenole	0,1—8,0	0,9—8,0	0,15—1,4	0,1—2,0	0,2—8,0	0,15—0,20
Cjanki — Cyanide, CN	0,0—0,17	0,0—0,12	0,00—0,12	0,00—0,17	0,01—0,17	0,02

cyficzne stosunki termiczne w górnym biegu Odry w zimie wskazuje już praca A. Solskiego, K. Stangenberga, M. Stangenberga (l.c.). Jak widać, ten odcinek rzeki posiada w ciągu całego roku sprzyjające warunki do rozwoju intensywnych procesów biologicznych i bakteriologicznych.

Najniższa zawartość rozpuszczonego tlenu w wodzie (tab. VI., rys. 9) została znaleziona 9.IX.58 (1,4 mg/l O₂), stanowiąc najniższy procent nasycenia wody tlenem w ciągu roku 15,4‰ O₂, zaś najwyższa 17.XII.57 (12,3 mg/l O₂) przy nasyceniu 83,6‰ O₂, które, choć wysokie, nie należało jednak do najwyższych ze względu na niską temperaturę wody w tym czasie. Najwyższe nasycenia tlenem stwierdzono 1.VII.58 (93,1‰ O₂) przy wysokiej temperaturze wody i przy gwałtownym przyborze wody do wysokości 379 cm (jeden z najwyższych stanów wody w rzece w ciągu roku).

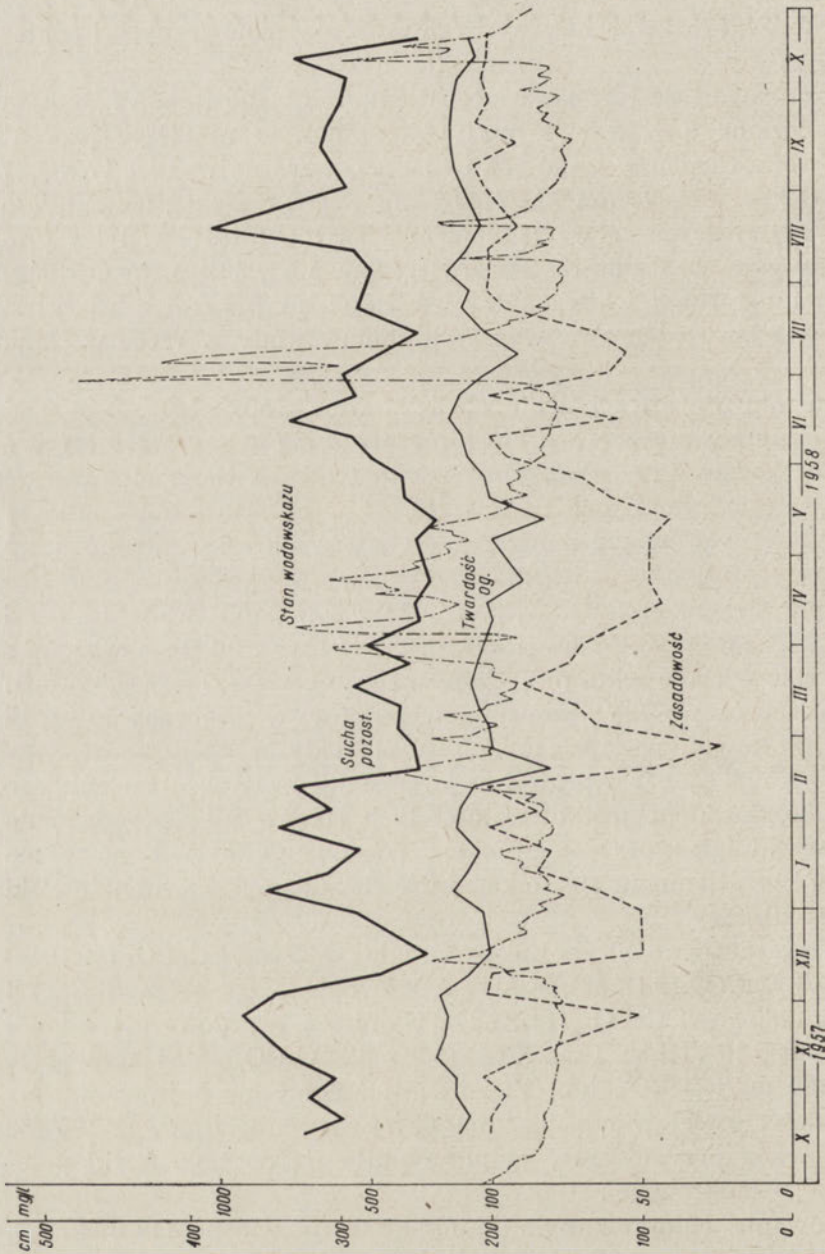
W ciągu roku zawartości tlenu schodziły wielokrotnie (rys. 9) poniżej dopuszczalnej przez przepisy najniższej normy (4 mg/l O₂) zawartości tego składnika w wodzie. Przy dłuższym trwaniu ten brak tlenu mógłby być przyczyną śnięcia ryb. Widać tu również, że w okresie letnim deficyty tlenowe były nawet jeszcze bardziej ostre niż w okresie jesienno-zimowym.

Nasycenie tlenem wód Odry, jak już wspomniano, wahało się od 15,4‰ O₂ (9.IX.58) do 93,1‰ O₂ (1.VII.58, tab. VI, rys. 9). Różniło się ono zatem znacznie w ciągu roku, przy czym w okresie 17.X.57—12.II.58 tylko dwa razy przekroczyło 70‰, pozostając zasadniczo w granicach 50—60‰ nasycenia lub nawet znacznie poniżej. Te niekiedy bardzo znaczne deficyty tlenowe nie są bez wpływu na organizmy zwierzęce zasiedlające rzekę i tylko skutkiem krótkotrwałości tych stanów nie dochodziło do poważniejszych katastrof biologicznych. Wysokie deficyty tlenowe nie sprzyjały także utlenianiu się fenoli, których zasięg w kierunku Polski był przez to dłuższy.

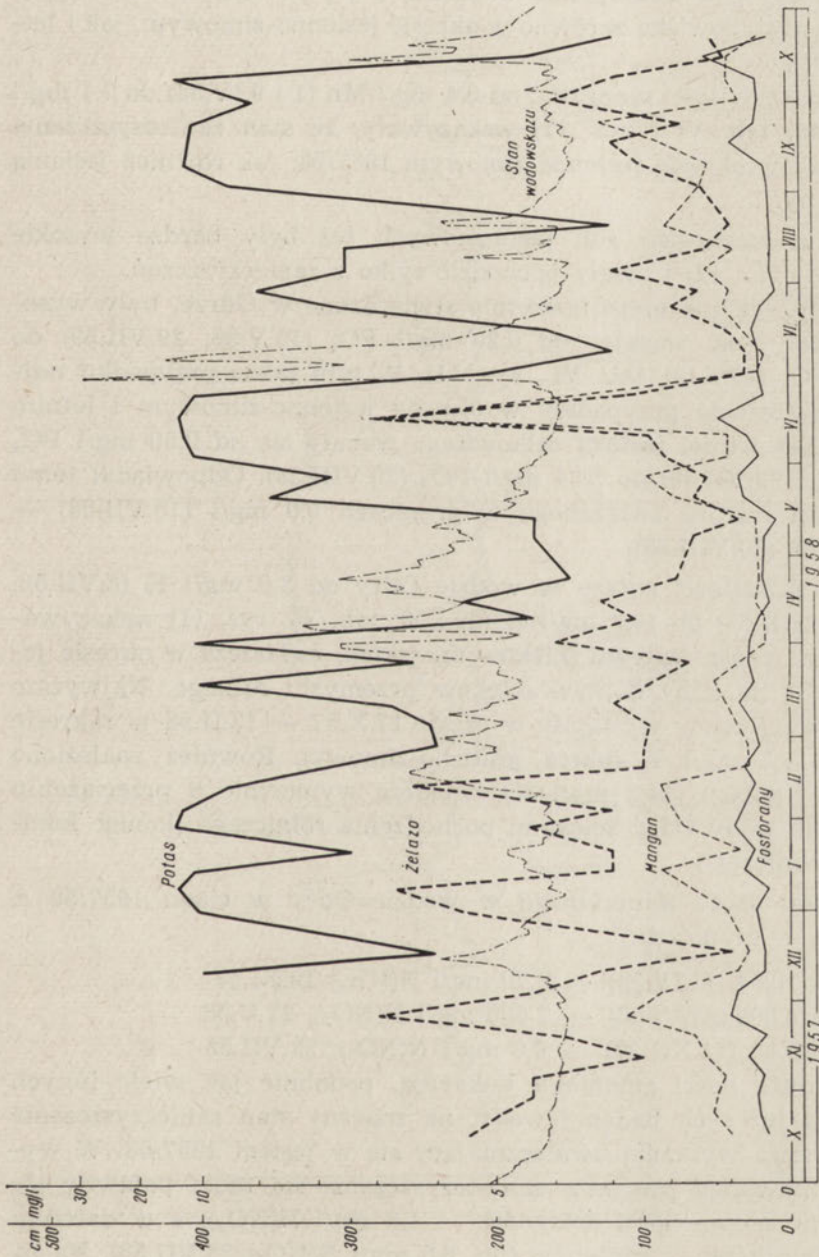
Wielkość rezerwy alkalicznej wody sięgała od 23 mg/l CaCO₃ (25.II.58) do 150 mg/l CaCO₃ (9.IX.58), zaś twardość ogólna od 80 mg/l CaCO₃ (18.II.58) do 280 mg/l CaCO₃ (12.XI.57). Najniższą twardość niewęglanową znaleziono 20.VIII.58 i 15.X.58 (30 mg/l CaCO₃), zaś najwyższą 26.XI.57 (200 mg/l CaCO₃, tab. VI i rys. 10). Ponieważ najwyższe wartości twardości stałej przypadały na okres jesienno-zimowy 1957/58 (tab. VI), można przypuszczać, że przyczyniły się do tego ścieki przemysłu rolnego (cukrownie).

Występowanie chlorków było najmniejsze na wiosnę (19 mg/l Cl, 22.IV.58), zaś największe 26.XI.57 (tab. VI).

Zawartości żelaza ogólnego były w wodzie Odry bardzo zmienne i wahały się od 0,7 mg/l Fe (1 i 8.VII.58) do 7,0 mg/l Fe (26.I.58, 16.VI.58,



Rys. 10. Zmiany zawartości suchej pozostałości, twardości ogólnej i zasadowości w wodzie rz. Odry pod Chałupkami w ciągu 1957/58 na tle wahań aktualnych poziomów wody, mg/l
 Jährliche Veränderungen des Trockenrückstandes, Gesamthärte und Karbonathärte im Odra-Wasser bei Chałupki zusammengestellt in Vergleich mit den aktuellen Wasserstände während d.J. 1957/58, mg/l



Rys. 11. Zmiany zawartości potasu, żelaza og., manganu i fosforanów w wodzie rz. Odry pod Chatupkami w ciągu 1957/58 na tle wahań aktualnych poziomów wody, mg/l
 Jährliche Veränderungen des Kali-Totaleisen-Mangan- und Phosphatgehaltes im Odra-Wasser bei Chatupki zusammengestellt in Vergleich mit den aktuellen Wasserstände während d.J. 1957/58, mg/l

tab. VI i rys. 11). Nie stwierdzono większych regularności w występowaniu tego składnika. Niemniej niekiedy bardzo znaczne zawartości żelaza w wodzie Odry pod Chałupkami świadczą o jej poważnym zanieczyszczeniu na tym stanowisku zarówno w okresie jesienno-zimowym, jak i letnim (tab. VI).

Także znaczne ilości manganu, od 0,4 mg/l Mn (1 i 9.IV.58) do 7,1 mg/l Mn (16.VI.58, tab. VI i rys. 11) wskazywały, że stan zanieczyszczenia Odry był tak w okresie jesienno-zimowym 1957/58, jak również jesienią 1958 ogromny.

Wskaźniki zawartości soli pokarmowych też były bardzo wysokie (tab. VI, rys. 11 i 12) i mogły pochodzić tylko z zanieczyszczeń.

Fosforany, jak już niejednokrotnie stwierdzono w Odrze, były wysokie przez cały rok, sięgając od 0,20 mg/l PO_4 (13.V.58, 29.VII.59) do 1,40 mg/l PO_4 (15.X.58, tab. VI., rys. 11). W tym także przypadku największe ich stężenia przypadają w okresie jesienno-zimowym i letnim (tab. VII). Zawartości fosforu całkowitego wahały się od 0,60 mg/l PO_4 (5.XI.57, 15 i 29.VII.58) do 2,64 mg/l PO_4 (20.VIII.58). Odpowiadał temu zakres zmian fosforu związanego w granicach 0,0 mg/l (15.VII.58) — 2,34 mg/l PO_4 (20.VIII.58).

Zmiany zawartości potasu w wodzie Odry od 3,0 mg/l K (8.VII.58, 20.VIII.58, 22.X.58) do 14,3 mg/l K (29.I.58, tab. VI, rys. 11) wskazywałyby również, prócz wpływu ścieków miejskich, zwłaszcza w okresie jesienno-zimowym 1957 na silny dopływ ścieków przemysłu rolnego. Najwyższe wartości dla tej cechy wystąpiły w czasie 17.X.57 — 12.II.58 w zakresie od 6,0 do 14,2 mg/l K (okres jesienno-zimowy). Również znalezione 29.I.58 ilości potasu (14,2 mg/l K) świadczą wymownie o przeciążeniu w tym czasie wody Odry ściekami pochodzenia rolniczego (koniec kampanii cukrowniczej?).

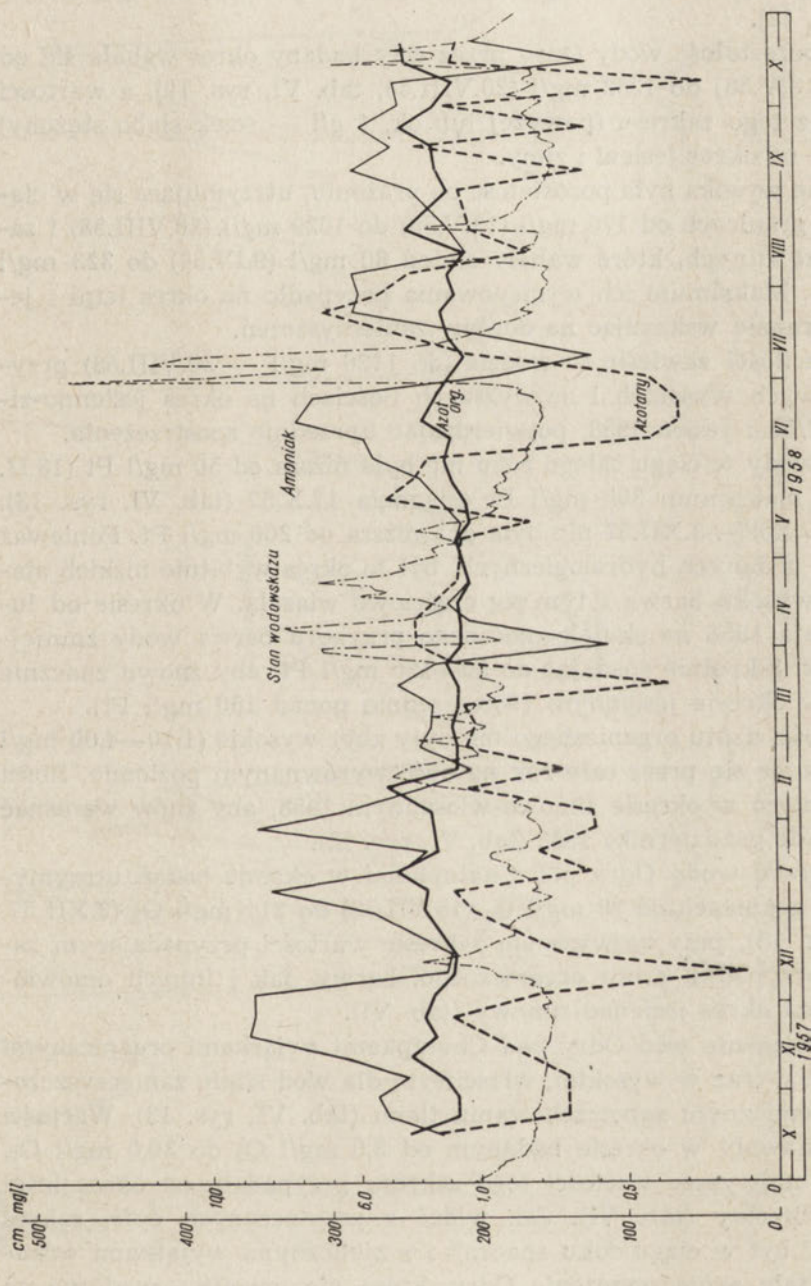
Zawartości azotu mineralnego w wodzie Odry w ciągu 1957/58 r. pozostawały w granicach:

Amoniak 0,54 (1.IV.58) — 8,70 mg/l $\text{N}(\text{NH}_4)$ 19.XI.57

Azotyny 0,009 (24.VI.58) — 1,600 mg/l $\text{N}(\text{NO}_2)$, 27.V.58

Azotany 0,10 (11.XII.57) — 6,0 mg/l $\text{N}(\text{NO}_3)$, 23.VII.58

Bardzo duże ilości amoniaku wskazują, podobnie jak wiele innych omówionych już cech badanej wody, na znaczny stan zanieczyszczenia Odry, zwłaszcza wyraźnie uwidaczniający się w jesieni 1957/58. W wyniku zaawansowania procesów samooczyszczania się rzeki pojawiły się także wielkie nieraz ilości azotynów — 1,6 mg/l $\text{N}(\text{NO}_2)$, a w dalszym procesie nitryfikacji — azotanów (np. 6,0 mg/l $\text{N}(\text{NO}_3)$ 23.VII.58). Na 51 oznaczeń tych ostatnich tylko 7 wykazało wartości poniżej 0,50 mg/l $\text{N}(\text{NO}_3)$, utrzymując się na tym poziomie niekiedy przez dłuższy czas



Rys. 12. Zmiany zawartości azotu organicznego, amoniaku i azotanów w wodzie rz. Odry pod Chałupkami w ciągu 1957/58 na tle wahań aktualnych poziomów wody, mg/l
 Jährliche Veränderungen des organischen Stickstoffes, Ammonium und Nitrate im Odra-Wasser bei Chałupki zusammen-
 gestellt in Vergleich mit den aktuellen Wasserstände während d.J. 1957/58, mg/l

(10.VI.—1.VII.58) w wyniku denitryfikacji. Przeważnie jednak były one w ciągu roku bardzo wysokie, świadcząc o bardzo intensywnym zanieczyszczeniu Odry i przewadze nitryfikacji nad denitryfikacją na tym stanowisku (rys. 12).

Sucha pozostałość wody Odry przez cały badany okres wahała się od 280 mg/l (13.V.58) do 1352 mg/l (20.VIII.58, tab. VI, rys. 10), a wartości najwyższe z tego zakresu (powyżej lub ok. 1 g/l — ściek słabo stężony) przypadły na okres jesieni i zimy.

Podobnie wysoka była pozostałość po prażeniu, utrzymująca się w ciągu roku w granicach od 176 mg/l (13.V.58) do 1029 mg/l (20.VIII.58) i zawartość ciał lotnych, które wahały się od 80 mg/l (9.IV.58) do 323 mg/l (20.VIII.58). Maksimum ich występowania przypadło na okres letni i jesienny, wyraźnie wskazując na dopływ zanieczyszczeń.

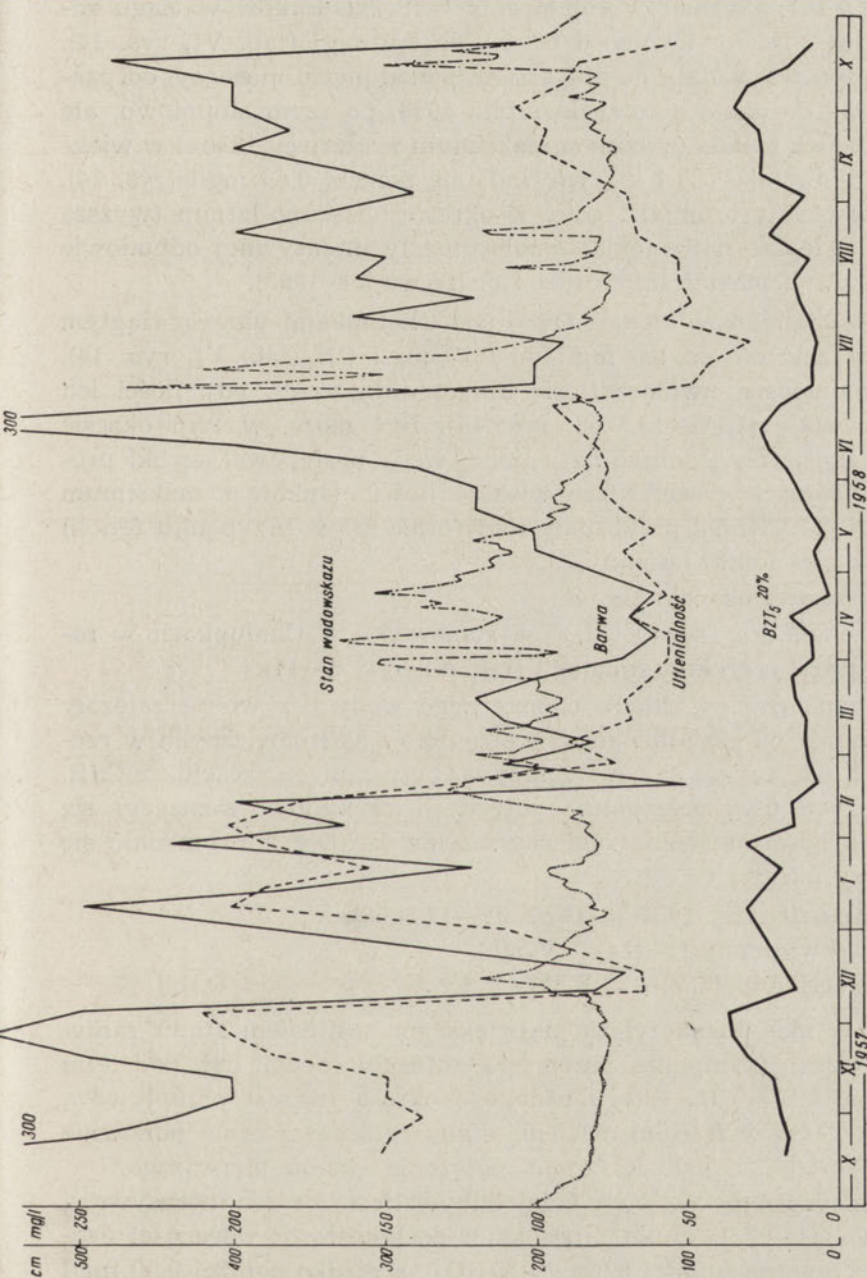
Znaczne ilości zawiesin w wodzie (do 1126 mg/l — 20.VIII.58) przypadły w swych wysokich i najwyższych ilościach na okres jesienno-zimowy 1957/58 i jesień 1958, potwierdzając uprzednie spostrzeżenia.

Barwa wody w ciągu całego roku nie była niższa od 50 mg/l Pt (18.II.58), a swe maksimum 300 mg/l Pt osiągnęła 17.X.57 (tab. VI, rys. 13). W czasie 17.X.57—3.XII.57 nie była ona niższa od 200 mg/l Pt. Ponieważ jak wynika z danych hydrologicznych, był to okres wybitnie niskich stanów wód, wysoka barwa z tym się częściowo wiązała. W okresie od lutego do maja 1958 na skutek znacznego przyboru barwa wody zmniejszyła się ok. 3-krotnie spadając do 50—120 mg/l Pt, aby znowu znacznie wzrosnąć w okresie jesiennym 1958 (średnio ponad 150 mg/l Pt).

Zawartości azotu organicznego nie były zbyt wysokie (1,10—4,00 mg/l N), utrzymując się przez cały rok na dość wyrównanym poziomie. Ilości te malały nieco w okresie zimowo-wiosennym 1958, aby znów wzrosnąć od czerwca do października 1958 (tab. VI, rys. 12).

Utlenialność wody Odry pod Chałupkami w okresie badań utrzymywała się w granicach od 28 mg/l O₂ (15.VII.58) do 211 mg/l O₂ (3.XII.57, tab. VI, rys. 13), przy najwyższym zakresie wartości przypadającym zarówno w przypadku azotu organicznego, barwy, jak i innych omówionych cech na okres jesienno-zimowy (tab. VI).

Duże obciążenie wód Odry pod Chałupkami związkami organicznymi znalazło też wyraz w wysokim, właściwym dla wód silnie zanieczyszczonych biochemicznym zapotrzebowaniu tlenu (tab. VI, rys. 13). Wartości BZT₅ pozostawały w okresie badanym od 3,0 mg/l O₂ do 36,0 mg/l O₂, przy czym najwyższe wartości tego zakresu przypadły na okres letni i jesienno-zimowy (tab. VI). Jak widać z przytoczonych cyfr, zakres wahań BZT był w ciągu roku znaczny i z nielicznymi wyjątkami wskazywał na stałe zanieczyszczenie Odry, która nie potrafiła zwalczyć go w ciągu roku.



Rys. 13. Barwa, utlenialność i BZT₅ w wodzie rz. Odry pod Chatupkami w ciągu 1957/58 na tle wahań aktualnych poziomów wody, mg/l
 Jährliche Veränderungen der Farbe, Oxidierbarkeit und biochemischen Sauerstoffbedarfes im Odra-Wasser bei Chatupki zusammengestellt in Vergleich mit den aktuellen Wasserstände während d.J. 1957/58, mg/l

Na ogólnym tle fizyko-chemicznego składu wody Odry ciekawie wypadły wyniki zawartości w niej fenoli (i ewentualnie związków fenolopodobnych). Zakres wahań występowania tych składników w ciągu roku był bardzo znaczny i wynosił od 0,1 do 8,0 mg/l (tab. VI, rys. 14). Maksyma stężeń przypadały na długi okres ponad pięciu miesięcy, od października 1957 do około połowy kwietnia 1958, po czym stopniowo, ale wyraźnie ilość ich malała (z jednym maksimum w czerwcu 1958) i w większości wypadków (ok. 70%) utrzymywała się poniżej 0,50 mg/l (rys. 14). Jest to całkowicie zrozumiałe, gdyż w okresie wiosenno-letnim (wyższa temperatura i lepsze natlenienie) fenole ulegały intensywnej odbudowie drogą procesów biochemicznych (G o l a c h o w s k a 1963).

Zawartość cjanów w wodzie Odry pod Chałupkami ulegała ciągłym wahaniom w zakresie od 0,0 mg/l do 0,17 mg/l CN (tab. VI, rys. 14). Zwłaszcza na wiosnę uwidocznił się długotrwały okres, gdy ilości ich były bardzo niskie (1.IV—13.V.58, rys. 14). Być może, w tym okresie wysokich przepływów i dobrze natlenionej wody następował szybki proces ich likwidacji w rzece. Nieco większe ilości cjanów z maksimum 0,16 mg/l CN (12.VIII.58) przypadały (odwrotnie niż w przypadku fenoli) właśnie na okres letnio-jesienny.

W szczególności okazało się, że:

1. Skład chemiczny wody Odry na stanowisku w Chałupkach w roku 1957/58 ulegał szerokim zmianom (tab. VI, rys. 9—14).

2. Wykazane zmiany składu chemicznego wody oczywiście zależały w dużym stopniu od kształtowania się stosunków hydrologicznych w rzece. Drugą ich przyczyną, nawet ważniejszą, były zanieczyszczenia z CSR. W wyniku tych dwu szczególnie potężnych czynników zaznaczył się w ciągu roku rytm natężenia zanieczyszczenia rzeki, w którym dało się wyróżnić trzy okresy:

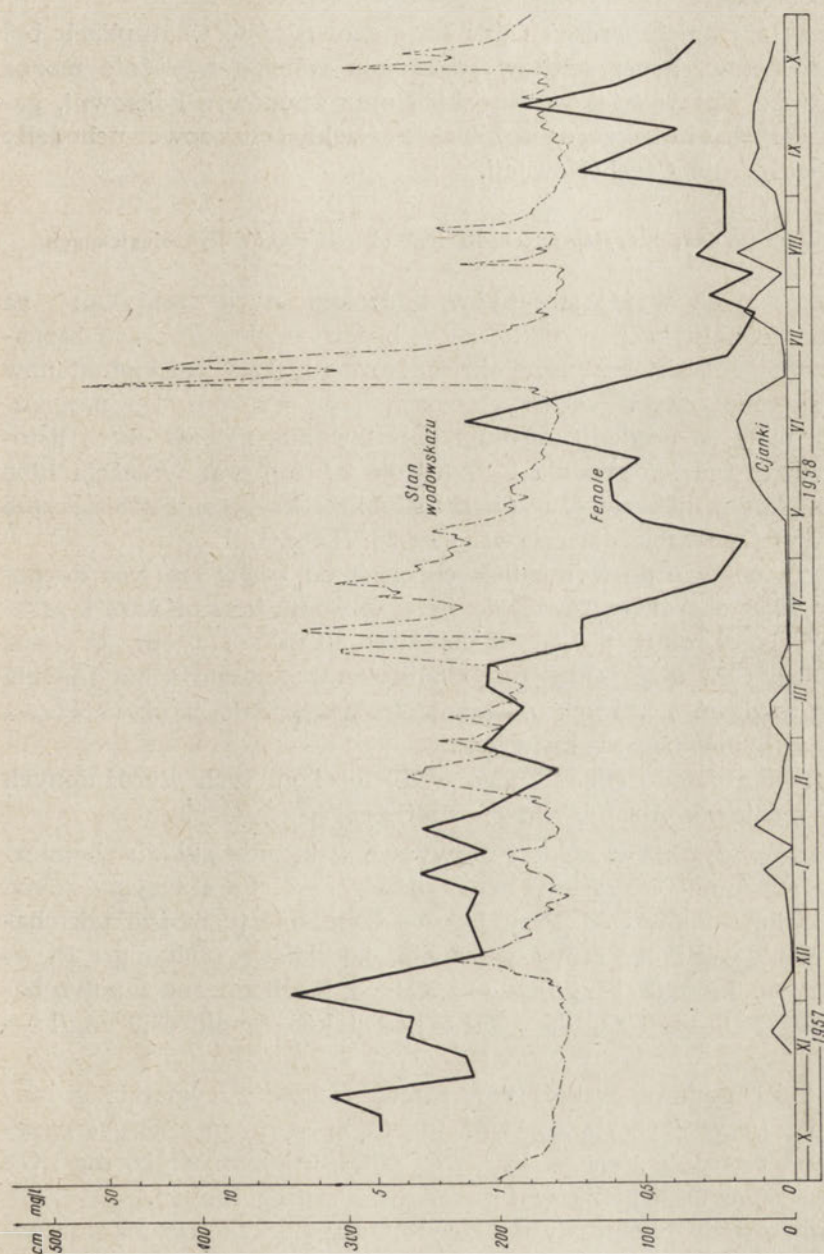
(1) jesienno-zimowy 1957/58 (17.X.57—12.II.58),

(2) zimowo-wiosenny (18.II—27.V.58),

(3) letnio-jesienny (3.VI—22.X.58).

Pierwszy z nich zaznaczył się największym nasileniem stanu zanieczyszczenia rzeki (kampania przemysłu rolnego), drugi był pod tym względem najslabszy dla całego badanego okresu (wzrost przepływów, zejście lodów), zaś w trzecim nasilenie stanu zanieczyszczenia ponownie wzrosło, nie osiągając jednak stopnia natężenia okresu pierwszego.

3. Samooczyszczanie się wody Odry odbywało się bardzo intensywnie, zwłaszcza w lecie. W wyniku nityfikacji dochodziło do obecności azotanów nawet czasem w ilości 6,0 mg/l N(NO₃), a rzadko poniżej 0,50 mg/l N(NO₃), głównie w okresie wczesno-letnim (10.VI—1.VII.58), wręcz przeciwnie niż stwierdzono to dotychczas w naszych innych rzekach. Ilość



Rys. 14. Zmiany zawartości fenoli i cjanków w wodzie rz. Odry pod Chatupkami w ciągu 1957/58 na tle wahań aktualnych poziomów wody, mg/l
 Jährliche Veränderungen des Phenole- und Cyanidgehaltes im Odra-Wasser bei Chatupki zusammengestellt in Vergleich mit den aktuellen Wasserstände während d.J. 1957/58, mg/l

fenoli intensywnie malała w lecie. Natlenianie wody rzecznej wyraźnie się poprawiało. W zimie procesy słabły, a stan zanieczyszczenia stawał się szczególnie ciężki.

4. Charakter zanieczyszczeń Odry na stanowisku w Chałupkach był bardzo różnorodny. Prócz ścieków przemysłu rolnego wyraźnie można było rozpoznać wpływ ścieków miejskich oraz ścieków z koksowni, gazowni, przemysłu hutniczego itp. Także ścieki celulozowe uchodziły do Odry na terenie Czechosłowacji.

c) Zmiany na tle charakterystycznych dla tego okresu stanów hydrologicznych

Z rozpatrzonych wyżej stosunków hydrologicznych rzeki Odry na stanowisku w Chałupkach wynikało, że w badanym okresie czasu zaznaczyły się cztery charakterystyczne okresy bardzo niskich i niskich stanów wód, nie zapewniających większych rozcieńczeń ściekiem. Do najgroźniejszych z nich, ze względu na długi czas trwania, należał okres listopada i pierwszy tydzień grudnia 1957 (razem 36 dni) oraz września 1958 (ok. 30 dni). Mniej niebezpieczny okazał się okres krytyczny dla stycznia (kilkudniowy) i wreszcie dla czerwca (1—28.VI.58).

W przeciwieństwie do wymienionych okres od końca czerwca do połowy lipca 1958 charakteryzował się najwyższymi stanami wód i przepływów w ciągu roku 1957/58 (maksimum 30.VI — 477 cm, $Q = 452 \text{ m}^3/\text{sek.}$). Poza tym przez Odrę pod Chałupkami przeszło kilka innych, mniejszych wezbrań, z których najważniejsze przypadało na okres wczesno-wiosenny (koniec marca—kwiecień).

Zakres zmian składu chemicznego wody w ciągu tych wyróżnionych okresów przedstawia tab. VI. Widać z niej, że:

(1) Niemal wszystkie wysokie i najwyższe wskaźniki składu chemicznego wody wystąpiły w czasie trwania jednego z 4 charakterystycznych okresów niskich stanów wód. Przykładowo wymienić tu można tak charakterystyczne wskaźniki zanieczyszczenia, jak barwę (300 mg/l Pt — 16.VI.58), utlenialność (211 mg/l O_2 — 3.XII.57), biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (36,0 mg/l O_2 — 3.XII.57), a także fenole (8,0 mg/l — 3.XII.57).

(2) Wartości najniższe wskaźników zanieczyszczenia wystąpiły w czasie trwania najwyższych stanów wód (okres lipcowy), np. 93,1% nasylenia tlenem, twardość stała — 35 mg/l CaCO_3 , utlenialność 28 mg/l O_2 , bliskie zera zawartości cjanów i fenoli oraz szereg innych.

Te wyżowe wody przepływały koryto Odry i przynosiły lokalną poprawę sytuacji pod Chałupkami kilka razy w roku, jednak w sposób nietrwały, gdyż nowe wielkie masy zanieczyszczeń wciąż dopływały z Czechosłowacji.

d) Porównanie składu chemicznego wód Odry z normami ustawodawstwa polskiego

Zatwierdzona 31.I.1961 ustawa o ochronie wód przed zanieczyszczeniem (Dz. U. nr 5, poz. 33) pozwoliła skonfrontować wielkość poszczególnych cech składu chemicznego wody Odry na stanowisku w Chałupkach w okresie badań 1957/58 z uznanymi za dopuszczalne podstawowymi normami jakości wód powierzchniowych (zał. nr 1 do par. 4 rozp. Prezesa RM, 1961).

Rozporządzenie przyjęło możliwie liberalne normy obciążenia odbiornika, chcąc wykorzystać do maksimum jego zdolności samooczyszczania się, jednak równocześnie tak, aby użytkowanie wody dla różnych potrzeb (komunalnych, przemysłu, rolnictwa, rybactwa, transportu, sportów wodnych) nie zostało w sposób istotny ograniczone. Normy innych krajów europejskich (m.in. CSR) są przeważnie bardziej surowe.

Jak widać z porównania zakresu wahań składu chemicznego z cytowanymi normami polskimi i czeskimi (tab. VII) oraz wyżej przeprowadzonych omówień, woda Odry na stanowisku w Chałupkach była zanieczyszczona cały rok w stopniu znacznie przekraczającym podstawowe normy czystości, mimo że stan wody w czasie badań był przeważnie wyższy od średniego niskiego, a cytowane rozporządzenie odnosi się do średniej niskiej wody.

Specjalnie zaznaczyło się to w przypadku zawartości fenoli i cjanków, a następnie w ilości zawiesin i utlenialności wody, które to wskaźniki zanieczyszczenia przez cały rok były wyższe od obowiązujących norm ustawodawstwa polskiego. Również pozostałe istotniejsze wskaźniki zanieczyszczenia, jak zawartość soli amonowych, azotu organicznego, barwa wody, a także biochemiczne zapotrzebowanie tlenu w większości przypadków przekraczały obowiązujące normy jakości wody. Np. na 51 wykonanych w ciągu okresu badanego oznaczeń BZT₅ — 20°C, tylko sześć razy w ciągu roku (i to na bardzo krótko) było ono niższe od 8,0 mg/l O₂, sięgając z reguły znacznie powyżej tej obowiązującej wielkości, i to przy wyższym od wymaganego poziomie wody.

Z tych przyczyn, a także ze względu na znaczne zawartości żelaza i manganu (tab. VI, rys. 11) woda Odry ze stanowiska pod Chałupkami nie nadaje się do celów komunalnych i niektórych celów przemysłowych. Częste deficyty tlenowe (na 51 oznaczeń w ciągu roku 27 razy nasycenie tlenem wody poniżej 60%) i dłuższe okresy czasu, w których te deficyty specjalnie silnie się zaznaczyły (np. 23.VII—10.X.58 — 1,4—3,8 mg/l O₂ przy 15,4—41,6% nasycenia tlenem), jak również silne zanieczyszczenie związkami organicznymi, fenolami i cjankami czynią wodę Odry również mało przydatną dla celów gospodarki rybackiej. Wykazany wysoki stopień zanieczyszczenia dyskwalifikuje wodę rzeki również jako

Tabela VII

Porównanie zakresu wahań składu chemicznego wody rz. Odry pod Chalupkami z okresu badań 1957/58 r. z podstawowymi normami jakości wód powierzchniowych (Ustawa o ochronie wód przed zanieczyszczeniem 1961 r., zał. nr 1), mg/l

Vergleich der Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung des Odra-Wassers (1957/58) mit Staatsstandarten für Wassergüte der Binnengewässer (Wasserrecht über Wasserverunreinigungen 1961) (mg/l)

Cecha Bestimmung	Zakres wahań Schwankungsbereich 17.X.57—29.X.58	Państwowe normy jakości wód powierzchniowych Staatliche Standarte der Wassergüte	
		Polska	CSR
Temperatura, °C Temperatur	0,0—24,0	< 26,0	—
Barwa, Pt Farbe	50—300	naturalna—natürlich	—
Zasadowość, CaCO ₃ Karbonathärte	23—150	> 30	—
Sole amonowe, N(NH ₄) Ammonium	0,54—8,70	< 2,0	—
Azotany, N(NO ₃) Nitrate	0,10—6,0	0,1—3,0	—
Azot org., N Org. Stickstoff	1,10—4,0	< 2,0	—
Mangan, Mn Mangan	0,40—7,10	—	—
Chlorki, Cl Chloride	19,0—248	—	—
Sucha pozostałość Trockenrückstand	280—1352	—	—
Pozostałość po prażeniu Glührückstand	176—1029	—	—
Ciała lotne Glühverlust	80—323	—	—
Zawiesiny Schwebestoffe	72—436	< 30	—
BZT ₅ — 20°C, O ₂ BSB ₅	3,0—36,0	< 8,0	5,0
Utlenialność, O ₂ Oxydierbarkeit	28—211	< 30	—
Tlen aktualny, O ₂ Sauerstoff	1,4—12,3	> 4,0	5,0
Fenole Phenole	0,1—8,0	< 0,02	1,0
Cjanki, CN Cyanide	0,0—0,17	< 0,01	—

miejsce sportów wodnych, kąpeli itp. Także porównanie składu wody Odry pod Chałupkami z normami czechosłowackimi wskazuje na jego wysoki stopień zanieczyszczenia.

Podsumowując, stwierdzamy zatem, że Odrę na granicy z Czechosłowacją charakteryzował znaczny stopień zanieczyszczenia niedopuszczalny z punktu widzenia tak ustawodawstwa polskiego, jak i Czechosłowacji. Uregulowanie stosunków wodno-prawnych i zanieczyszczeniowych w tym świetle staje się kwestią niezmiernie palącą.

Samoozyszczanie się Odry na odcinku Chałupki—Studzienne k. Raciborza

Skład chemiczny wody wzdłuż biegu Odry przebadano na czterech stanowiskach (Krzyżanowice, Tworków, Sudoł, Studzienne k. Raciborza), rozmieszczonych na stosunkowo krótkim odcinku 25 km (rys. 1) od Chałupek do Raciborza.

Ponieważ na odcinku tym prędkość przepływu na dobę wynosiła około 60—70 km (0,7—0,8 m/sek.), a ostatni pobór prób odbywał się w Studziennem, około 4—5 godzin po poborze prób w Chałupkach, próby na tym stanowisku pobierano prędzej, niż spłynęła woda ze stanowiska w Chałupkach.

Na stanowisku w Chałupkach i Studziennem próby pobierano w 4 porach roku 1957/58 (17.X.57 i 29.I.58, 7.V.58 i 12.VIII.58). Wyniki dla Krzyżanowic i Tworkowa z przyczyn technicznych pochodzą tylko z 17.X.57 i 12.VIII.58. W związku z tym przy omawianiu materiałów oparto się głównie na analizach dwu skrajnych stanowisk w Chałupkach i Studziennem (tab. VIII).

Jak widać z tabeli, stężenia poszczególnych składników chemicznych w litrze wody w rzece były bardzo często (biorąc pod uwagę cały okres badawczy) niższe na stanowisku w Studziennem aniżeli na stanowiskach znajdujących się powyżej (Sudoł, Tworków, Krzyżanowice), a zwłaszcza w Chałupkach. Tego rodzaju stosunki specjalnie wyraźnie zaznaczyły się 17.X.57 dla wszystkich niemal cech składu chemicznego badanej wody.

Wykazana na niewielkim odcinku Chałupki—Studzienne nieznaczna poprawa składu chemicznego wody mogła być wynikiem tak procesów biologicznych z jednej strony, jak i rozcieńczeń z dopływów Odry (Olza, Cyna) z drugiej.

Posiadane materiały pozwalają na przeprowadzenie przybliżonej analizy stopnia, w jakim rzeka oczyszcza się na drodze biochemicznej i mechanicznej, a w jakim stopniu spadek stężenia poszczególnych składników chemicznych wody nastąpił na skutek rozcieńczeń. Szczególne trudności w tej ocenie napotkano w okresach zwiększonych przepływów, kiedy wody w rzece niosą znaczne ilości związków pochodzących ze zlewni.

Tabela VIII

Skład chemiczny wody górnego biegu Odry w okresie 17.X.57—12.VIII.58, mg/l
 Chemische Zusammensetzung des Wassers im oberen Flusslauf der Odra in der Zeit 17.X.57—12.VIII.58 (mg/l)

Oznaczenie Bestimmung	Chalupki		Krzyżanowice		Tworków		Sudół		Studziennie			
	17.X.57	7.V.58	12.VIII.58	17.X.57	12.VIII.58	17.X.57	12.VIII.58	17.X.57	17.X.57	29.I.58	7.V.58	12.VIII.58
Barwa — Farbe, Pt	300	220	100	150	140	250	140	180	180	220	110	140
Sole amonowe — Ammonium, N(NH ₄)	2,03	8,35	1,64	1,10	0,86	1,68	0,86	1,60	1,60	7,40	1,80	1,00
Azotyny — Nitrite, N(NO ₂)	0,280	0,250	0,110	0,190	0,220	0,360	0,200	0,320	0,320	0,120	0,150	0,210
Azotany — Nitrate, N(NO ₃)	2,40	0,60	1,40	0,80	1,10	0,80	1,40	0,50	1,00	0,70	0,80	1,20
Azot org. — Org. Stickstoff, N	3,31	2,42	1,60	1,20	1,81	1,87	0,88	1,81	1,81	2,34	1,68	1,08
Chlorki — Chloride, Cl	132	140	38	90	80	122	66	110	110	148	44	62
Fosforany — Phosphate, PO ₄	0,35	0,95	0,40	0,30	0,30	0,35	0,20	1,05	0,55	0,80	0,35	0,20
Fosfor ogólny — Total Phosphor, PO ₄	1,64	1,56	0,68	0,58	1,00	1,06	0,68	1,20	1,16	1,56	0,76	0,58
Fosfor związany — Geb. Phosphor, PO ₄	1,29	0,61	0,28	0,88	0,70	0,55	0,71	0,48	0,15	0,76	0,41	0,38
Żelazo og. — Total Eisen, Fe	5,40	4,40	1,60	1,40	4,00	2,50	4,40	4,60	4,50	5,20	1,50	1,30
Potas — Kalium, K	16,0	14,2	4,3	7,5	18,0	6,0	12,4	6,0	11,2	15,0	4,7	6,0
Mangan — Mangan, Mn	1,00	1,8	1,1	0,90	0,80	0,76	0,60	0,80	0,70	1,6	0,95	0,70
Zasadowość — Karbonathärte, CaCO ₃	102	115	47	105	100	95	100	97	112	125	63	105
Twardość ogólna — Gesamthärte, CaCO ₃	200	220	100	170	175	170	175	175	195	260	118	175
Twardość stała — Nichtkarbonathärte, CaCO ₃	98	105	53	65	75	75	75	78	83	135	55	70
Sucha pozostałość — Trockenrückstand	731	818	352	554	610	598	490	614	582	859	442	452
Pozostałość po prażeniu — Glührückstand	483	604	254	410	474	470	312	464	471	647	288	340
Ciała lotne — Glühverlust	248	214	98	144	136	145	128	150	111	202	154	112
Sucha pozostałość sączona — Trockenrückstand filtririert	608	614	248	450	581	449	559	556	575	741	339	409
Utlealność — Oxydierbarkeit, O ₂	152	190	71,2	51,8	140	48,8	132	134	134	190	74,4	41,6
Temperatura — Temperatur, °C	14,6	5,0	12,4	20,1	14,6	20,2	14,0	20,2	14,0	13,5	2,8	20,1
Tlen aktualny — Sauerstoff, O ₂	2,4	4,5	6,3	3,3	3,0	4,4	2,7	4,2	3,1	2,4	5,4	3,9
Nasylenie tlenem — Sauerstoffsättigung, % O ₂	23,0	34,9	57,8	35,2	28,8	47,0	25,7	44,9	29,4	39,6	61,4	41,6
BZT ₃ — 20°C, BSB ₃ — O ₂	17,2	30,0	7,8	9,6	12,0	8,4	11,2	7,3	11,6	8,4	5,8	6,0
Fenole — Phenole	5,0	3,5	0,15	0,3	1,0	0,1	0,6	0,4	0,4	2,8	0,10	0,06
Cjanki — Cyanide, CN	—	0,12	0,01	0,16	—	0,06	—	—	—	0,02	—	0,01

Ograniczając się z powyższych przyczyn w dalszych rozważaniach do dwóch okresów badawczych, specjalnie interesujących ze względu na niskie stany wód przypadające na jesień (17.X.57) i zimę (29.I.58), mogliśmy przeprowadzić następujące rozumowanie.

Przepływy wody w badanych okresach były pod Studziennem wyższe o 4—6 m³ niż w Chałupkach, co stanowiło wzrost ilości wody o około 35% i wskazywałyoby, że Olza i Cyna należą do rzek nieznacznie zasilających Odrę, zwłaszcza w okresach niskich stanów jej wód. Gdyby woda z tych dopływów była absolutnie czysta (destylowana), uzyskane rozcieńczenia mogłyby maksymalnie sięgać 35%. Ponieważ jednak, jak wykazały badania (A. Solski, K. Stangenberg, M. Stangenberg, 1957), główny dopływ Odry na tym odcinku (Olza) jest rzeką znacznie zanieczyszczoną, wpływ rozcieńczający obu dopływów mógł sięgać najwyżej kilku czy kilkunastu procent. Wartości te są, jak widać, nieduże. Z wykonanych na podstawie przepływów w Chałupkach i Studziennem obliczeń ładunków niektórych składników chemicznych wynika natomiast, że w jesieni (17.X.57) przy 14,6°C wszystkie ładunki wskaźników zanieczyszczenia z wyjątkiem utlenialności uległy na odcinku Chałupki—Studzienne zmniejszeniu, szczególnie wyraźnemu w przypadku fenoli (ok. 9-krotnie), podczas gdy ilość ciał lotnych ulegała zmniejszeniu o 65%, zawartość azotu organicznego o 35%, a BZT₅ o 52%, wobec czego ubytek tych związków był wywołany przede wszystkim samooczyszczaniem się rzeki.

Składnik	17.X.57, mg/sek		29.I.58, mg/sek	
	Chałupki — Studzienne		Chałupki — Studzienne	
Ciała lotne	4,042	2,442	2,589	3,450
Utlenialność, O ₂	2,477	2,948	2,300	3,135
Azot org., N	53,9	39,8	29,3	39,6
BZT ₅ —C, O ₂	280,4	184,8	363,0	387,7
Fenole	81,5	8,8	42,3	46,2
Cjanki	—	—	1,45	0,33

* Obliczone powyżej ładunki poszczególnych składników chemicznych (z wyjątkiem fenoli i cjanków) na stanowisku w Studziennem należałoby jeszcze pomniejszyć o odpowiednie wielkości wznoszone do Odry przez Olzę i Cynę.

Stosunki te 29.I.58 wyglądały zupełnie inaczej i przyniosły nawet pewien wzrost ładunków na stanowisku w Studziennem w porównaniu z Chałupkami, co tłumaczyć można zahamowaniem procesów biochemicznych na skutek niskich temperatur w okresie zimowym. Wyrazem

wpływu temperatur na te procesy są także zmiany w wielkości ładunków biochemicznego zapotrzebowania tlenu, które w ciągu 3 okresów badań przedstawiały się następująco:

Stanowisko	17.X.57		7.V.58		29.I.58	
	°C	mg/sek O ₂	°C	mg/sek O ₂	°C	mg/sek O ₂
Chałupki	14,6	280,4	12,4	489,0	5,0	363,0
Studzienne	13,5	184,8	13,1	406,0	2,8	387,7

Widać tu wyraźne zmniejszenie ładunku w Studziennym w październiku (51,7⁰/o), nieco mniejsze w maju (20,4⁰/o), zaś pewien niewielki wzrost ładunku w styczniu (zanieczyszczenia z dopływów).

Stosunki tlenowe (tab. VIII) panujące na omawianym odcinku, będące wskaźnikiem samooczyszczania się rzeki i jej natleniania z atmosfery, wykazały przeważnie pewien wzrost ilości tlenu rozpuszczonego w wodzie Odry na stanowisku niżej położonym (Studzienne) i tylko 17.X.57 ilość tlenu była jednakowa tak na stanowisku w Chałupkach, jak i Studziennym (zaledwie 2,4 mg/l O₂). We wszystkich pozostałych okresach pozostawała niższa na stanowisku Chałupki:

	Chałupki	Studzienne
	mg/lO ₂	
29.I.58	4,5	5,4
7.V.58	6,3	6,6
12.VIII.58	3,3	3,9

Największa zatem różnica w zawartości tlenu na obydwu stanowiskach została stwierdzona 29.I.58 (0,9 mg/l O₂), gdy procesy zużycia tlenu na realizację biochemicznego zapotrzebowania tlenu były najniższe, a pobór tlenu przy niższej temperaturze wody — większy.

Poza październikiem (17.X.57), gdy nasycenie wody tlenem na obu stanowiskach było niemal równe (22,5⁰/o — Studzienne, 23⁰/o — Chałupki), a temperatury w Studziennym nieco niższe, w pozostałych okresach badawczych stanowisko w Studziennym wykazywało od 3,6 do 6,4⁰/o wyższe nasycenie niż w Chałupkach. Ten nieznaczny wzrost nasycenia wody tlenem pod Studziennym jest dowodem bardzo dużego obciążenia Odry związkami organicznymi, z którymi rzeka na krótkim odcinku 25 km stosunkowo trudno daje sobie radę, zwłaszcza w jesieni i w zimie.

Należy zatem stwierdzić, że: na odcinku Chałupki—Studzienne w okresie badań 1957/58 płynęła woda o wysokim stopniu zanieczyszczenia, która już na krótkim odcinku około 25 km oczyszczała się w dużym stopniu, głównie dzięki procesom biochemicznym. Rozcieńczenie odgrywało tu mniejszą rolę.

Samooczyszczanie Odry na odcinku Chałupki—Studzienne, które intensywnie przebiegało w okresie letnio-jesiennym przy wyższych temperaturach wody, ulegało wydatnemu zahamowaniu w zimie. Szczególnie wyraźnie zaznaczało się to w przypadku fenoli, których ładunek kolooidalnie malał na tym odcinku w jesieni, a nawet nieco wzrastał (dopływy — Olza i Cyna) w zimie.

**Wzrost stanu zanieczyszczenia Odry
(na stanowisku w Chałupkach i Studziennem)
w okresie czteroletnim (29.XII.53—29.I.58)**

Omówiony skład chemiczny wody Odry na stanowisku Chałupki i Studzienne k. Raciborza można porównać (tab. IX) ze składem istniejącym w roku 1953 (A. Solski, K. Stangenberg, M. Stangenberg, l. c.) i tą drogą ocenić zmiany, jakie zaszły w stanie jej zanieczyszczenia po 4 latach.

Ponieważ nie wszystkie próby były w obu okresach pobierane ściśle w tym samym czasie, oparto się w tym porównaniu na badaniach z 29.I.58 na stanowisku Chałupki oraz Studzienne jako najbardziej korespondujących z materiałami z 29.XII.53 ze stanowisk Olza i Racibórz (tab. I, A. Solski, K. Stangenberg, M. Stangenberg, 1957), przy czym wyjaśniamy, że st. Olza leżało około 3 km poniżej st. Chałupki, zaś st. Racibórz ok. 1 km poniżej st. Studzienne.

Już porównanie składu chemicznego wody Odry w obu wskazanych okresach i na obydwu stanowiskach wskazuje (tab. IX), że stan zanieczyszczenia tej rzeki w ciągu czterech lat znacznie wzrósł. Gdyby uwzględnić jeszcze rozcieńczenia, które dla roku 1958 były bardziej pomyślne, to różnice te wystąpiłyby jeszcze bardziej jaskrawo. Tak więc na st. „Chałupki—Olza” w okresie czterolecia wzrosła barwa wody, zawartość soli amonowych i azotu organicznego około półtorakrotnie, zaś utlenialność i BZT₅ przeszło trzykrotnie. Inne wskaźniki zanieczyszczenia, a zwłaszcza sucha pozostałość, mangan były też wyższe. Zmalały zaś zawartości żelaza (sedymentacja?) i nieznacznie ilości chlorków, na co główny wpływ wywarły większe rozcieńczenia w 1958 r. i być może nieco mniejszy ich dopływ ze ściekami w tym czasie.

Około 25 km poniżej na st. Studzienne stwierdzono również (choć na ogół w nieco mniejszym zakresie) wzrost wskaźników zanieczyszczenia w stosunku do zawartości charakterystycznych dla 1953 r. (st. Racibórz). Barwa, zawartość soli amonowych, sucha pozostałość, zawartość ciał lotnych, biochemiczne zapotrzebowanie tlenu w 1958 r. wzrosły w różnym stopniu, przy czym najwięcej, bo około 2,5 raza, zwiększyła się utle-

Tabela IX

Porównanie zmian składu chemicznego wody górnego biegu Odry w ciągu czterech lat
(29.XII.53—29.I.58), mg/l.

Vergleichende Änderungen in der chemischen Zusammensetzung des Wassers im oberen Flusslauf
der Odra binnen vier Jahre (29.XII.53—29.I.58), mg/l.

Oznaczenie Bestimmung	Stanowiska — Untersuchungsstellen			
	Olza 29.XII.53	Chałupki 29.I.58	Racibórz 29.XII.53	Studzienne 29.I.58
Barwa, Pt Farbe	130	220	160	220
Sole amonowe, N(NH ₄) Ammonium	6,40	8,35	5,60	7,40
Azotyny, N(NO ₂) Nitrite	0,84	0,25	0,58	0,12
Azotany, N(NO ₃) Nitrate	0,07	0,60	0,07	0,70
Azot. org., N Org. Stickstoff	1,84	2,42	2,24	2,34
Fosforany, PO ₄ Phosphate	0,60	0,95	0,80	0,80
Chlorki, Cl Chloride	190	140	186	148
Żelazo og., Fe Total Eisen	6,40	4,40	9,60	5,20
Potas, K Kalium	15,0	14,2	16,4	15,0
Mangan, Mn Mangan	1,5	1,8	2,4	1,6
Zasadowość, CaCO ₃ Karbonathärte	38	115	142	125
Twardość og., CaCO ₃ Gesamthärte	245	220	290	260
Twardość niewęglanowa, CaCO ₃ Nichtkarbonathärte	207	105	148	135
Sucha pozostałość Trockenrückstand	752	818	807	856
Pozostałość po prażeniu Glührückstand	513	604	654	647
Ciała lotne Glühverlust	239	214	153	212
Sucha pozostałość sączona Trockenrückstand filtriert	659	614	735	741
Utlenialność, O ₂ Oxydierbarkeit	62,0	190,0	75,2	190,0
BZT ₅ — 20°C, O ₂ BSB ₅ —	8,0	30,0	20,0	23,5

nialność wody Odry. Zmalały (podobnie jak na st. Chałupki—Olza) zawartości żelaza i chlorków.

Jak widać, mimo większego przepływu wody w rzece w 1958 r. stężenia wielu wskaźników zanieczyszczenia (mg/l) wzrosły na ogół w ciągu czterech lat na obu badanych stanowiskach około 1,5—3-krotnie. Wyrażając stan obciążenia rzeki w sposób najbardziej miarodajny aktualnie płynących ładunków niektórych wskaźników zanieczyszczenia (g/sek.) stwierdzono, że na st. Chałupki wzrosły one w roku 1958 w porównaniu do roku 1953 od 18 do 394⁰/₀, zaś pod Raciborzem (Studzienne) były tego samego rzędu i wynosiły od 26 do 377⁰/₀ (tab. X).

Tabela X

Porównanie zmian w wielkościach ładunków niektórych wskaźników zanieczyszczenia na dwu stanowiskach górnego biegu Odry w ciągu czterech lat (29.XII.53—29.I.58), mg/l.

Vergleichende Änderungen in der Abwasserbelastung des oberen Flusslaufs der Odra an zwei Untersuchungsstellen binnen vier Jahre (29.XII.53—29.I.58), mg/l

Oznaczenie Bestimmung	Ładunek zanieczyszczenia g/sek Abwasserbelastung Stanowisko Untersuchungsstelle		Wzrost ładunku Zunahme d. Abwasser- belastung %	Ładunek zanieczyszczenia g/sek Abwasserbelastung Stanowisko Untersuchungsstelle		Wzrost ładunku Zunahme d. Abwasser- belastung %
	Olza 29.XII.53	Chałupki 29.I.58		Racibórz 29.XII.53	Studzienne 29.I.58	
Barwa, Pt Farbe	1193	2662	123	1600	4158	160
Sole amonowe, N(NH ₄) Ammonium	58,7	101,0	72	56,0	139,8	150
Azot org., N Org. Stickstoff	16,9	29,3	73	22,4	44,2	97
Chlorki, Cl Chloride	1744,0	1694,1	—	1860,0	2797,0	50
Mangan, Mn Mangan	13,8	21,8	58	24,0	30,2	26
Sucha pozostałość Trockenrückstand	6903,0	9898,0	43	8070,0	16235,0	101
Pozostałość po prażeniu Glührückstand	4709,0	7308,0	55	6540,0	12228,0	87
Ciała lotne Glühverlust	2194,0	2589,0	18	1530,0	4007,0	162
Utlenialność, O ₂ Oxydierbarkeit	569	2299,0	304	752,0	3591,0	377
BZT ₅ —20°C, O ₂ BSB ₅	73,4	363,0	394	200,0	444,0	122

Na szczególną uwagę zasługuje porównanie stosunków tlenowych w ciągu tego okresu. Zawartości tlenu w wodzie rzecznej na obu stacjach w latach 1953 i 1958 przedstawia zestawienie:

	Olza – Chałupki		Racibórz – Studzienne	
	29.XII.53 – 29.I.58		29.XII.53 – 29.I.58	
Tlen, mg/l O ₂	7,8	4,5	5,8	5,4
Nasylenie tlenem % O ₂	57,6	34,9	42,8	39,6

Jak widać, natlenienie wody w badanych okresach wahało się w granicach 34,9—57,6‰ i było niższe o około 30—50‰ od natlenienia napatycznego w niezanieczyszczonych wodach powierzchniowych.

Spadek zawartości tlenu na st. Chałupki z 7,8 mg/l O₂ w r. 1953 do 4,5 mg/l O₂ w cztery lata później świadczyłby między innymi również o stałym pogarszaniu się stosunków tlenowych w rzece.

W wyniku przeprowadzonych rozważań można stwierdzić, że około czteroletni okres (1953—1958) przyniósł dalszy wzrost zanieczyszczenia rzeki Odry w jej górnym biegu, istnieją zatem realne podstawy do obaw, że tendencja do pogarszania się tego stanu grozi także w latach następnych.

PIŚMIENNICTWO — ЛИТЕРАТУРА — BIBLIOGRAPHY

1. Golachowska J., 1963. Einige Ursachen des Phenolen-Schwundes in Flusswasser, Intern. Rev. (w druku).
2. Just J., Hermanowicz W., 1955. Fizyczne i chemiczne badanie wody do picia i potrzeb gospodarczych, Warszawa, PWL.
3. Maucha R., 1932. Hydrochemische Methoden in der Limnologie, Binnengew., Bd. 12.
4. Mroziński W., Niedzielowa E., Sobota A., 1949. Odra i jej dopływy na odcinku górnośląskim. Gaz, Woda, Techn. Sanitarna, 11; 360—367.
5. Standard Methods for the Examination of Water and Sewage, 1960.
6. Stangenberg K., 1951. Skład chemiczny wód rzecznych na Dolnym Śląsku, Kosmos, Ser. A. LXVI: 460—599.
7. Solski A., Stangenberg K., Stangenberg M., 1957. Zmiany składu chemicznego wody rzeki Odry w ciągu roku. Zesz. Nauk. WSR, Zoot. III: 65—80.
8. Solski A., Stangenberg K., Stangenberg M., 1957. Zimowy skład chemiczny wód rzeki Odry i jej dopływów. Zesz. Nauk. WSR, Zoot. III: 31—63.
9. Stangenberg M., 1957. Stan zanieczyszczenia wód bieżących dorzecza Odry. Zesz. Nauk. WSR. Zoot. III: 3—30.
10. Stangenberg M., 1958. Ogólny pogląd na skład chemiczny wód rzecznych Polski, Pol. Arch. Hydrobiol. IV (XVII): 289—359.
11. Taylor E., 1937. The determination of phosphates in natural waters, Journ. Amer. Water Works Assoc., 29: 12—25.

К. Стангенберг-Опоровская и А. Сольский

Состояние загрязнения верхнего течения реки Одры

Резюме

1. Целью исследования состояния загрязнения верхнего течения реки Одры на протяжении гидрологического года 1957/58 было взято 96 проб воды: а) На наблюдательном пункте в Халупках (граничный пункт) еженедельно от 17.10.57 до 22.10.58 в часах 10—14⁰⁰. б) Четырехкратно в периоде исследований 16/17.10.57, 28/29.1.58, 6/7.5.58 и 11/12.8.58 на наблюдательном пункте в Халупках в промежутках 2—3 часов во время целых суток. в) Двукратно 17.10.57 и 12.8.58 вдоль течения реки Одры на протяжении Халупки—Кшижановице—Творкув—Судол—Студенне и двукратно (29.1.58 и 7.5.58) только на наблюдательном пункте в Халупках и в Студенном (рис. 1).

2. Результаты химических исследований были рассматриваемы в соотношении с актуальным состоянием водопоказателей (Халупки) и с переплывами воды в Одре (таб. I, рис. 2). Выделено два длинных периода низких состояний летних и осенних вод (ноябрь 1957 и сентябрь 1958 — переплыв около 7 м³/сек) два низкие состояния зимой и в половине июня (8,7—16,3 м³/сек), несколько высоких состояний вод с очень высоким переплывом в июле (до 452 м³/сек), когда Одра перешла состояние наводнения.

3. Обсуждено изменения химического состава воды р. Одры а) в течении суток (таб. II—V, рис. 3—8), б) во время 17.10.57—22.10.58 (таб. VI, рис. 9—14), в) характеристических для периода исследований гидрологических состояний (таб. VI) и г) в сравнении с обязывающими нормами польского законодательства (таб. VII).

Констатировано очень значительный, достигающий несколько сот процентов предел изменений химического состава воды р. Одры обнимающий все физико-химические черты в течении суток и целого года. Изменения эти были вызваны либо разным ритмом притока стоков, в связи с чем выделено в течении года три периода, в которых был разный уровень притока стоков: а) осенне-зимний период (17.10.57—12.2.58), б) зимневесенний период (18.2.58—27.5.58), в) летне-осенний (3.6.58—22.10.58), либо возникали под влиянием разбавлений.

Разный уровень загрязнения реки Одры в единичных периодах указывает на необходимость проведения исследований в течении всего года а не только одно- или несколькократно.

Самые большие изменения химического состава воды реки Одры

в течении суток констатировано в октябре 1957 (приток стоков), самые незначительные в мае 1958 (разбавления, таб. II и III).

4. Обнаружено существование некоторого определенного суточного ритма в появлении ряда химических компонентов воды, при чем наибольшей регулярностью появления суточных максимумов и минимумов характеризовались хлориды (таб. IV), далее органические соединения и фенолы. Никакой регулярности в появлении цианистых солей не замечено.

5. Изменчивость степени загрязнения реки Одры в единичных сутках выражено также количеством наиболее важных органических соединений (таб. V). Самое большое количество органических соединений выступило в Одре на протяжении суток с 6/7.5.58, фенолей в октябре 1957, а затем в январе 1958. Самое большое количество цианистых солей обнаружено в течении суток в августе 1958 г.

6. Степень отдельных показателей загрязнения в течении суток указывала на род и происхождение стоков доплывающих к реке из ЧСР (сельскохозяйственная промышленность, городские стоки, коксовый завод, газовый завод, металлургическая промышленность, целлюлезные стоки).

7. Констатировано интенсивный ход процесса самоочистки реки, особенно в летнем периоде, зимой эти процессы ослабевали а загрязнение реки усиливалось.

8. Предел колебаний химического состава р. Одры под Халупками в периодах низких и высоких уровней представлен в таб. VI. Почти все самые высокие показатели загрязнения были связаны с периодами низких уровней вод а самые низкие выступили во время самых высоких уровней вод (июль).

9. Из сравнения пределов колебаний химического состава реки Одры (1957/58) с польскими и чешскими нормами (таб. VII) следовало что Одра под Халупками подвергалась загрязнению в течении целого года в степени значительно превышающей основные нормы чистоты. Особенно отличалось это в случае содержимого фенолей и цианкотых солей а затем показателей органических соединений (окисляемость).

10. Прослежено процесс самоочистки Одры на участке 25 км Халупки—Студенне (таб. VIII). Показано что обнаруженное падение показателей загрязнения в Студенном было результатом в большей степени самоочистки воды, в меньшей же степени разбавления притоками Одры (Ольза и Цына). Процесс самоочистки Одры пробегал боле интенсивно в летне-осеннем периоде при высших температурах

воды, зимой же подвергался четкому торможению, это было показано на примере содержимого фенолей.

11. Сравнивая результаты полученные в годах 1957/58 с результатами полученными зимой 1953 (таб. IX и X) определено приближительные изменения в химическом составе реки Одры. Констатировано повышение ряда показателей загрязнения (концентрация и заряды) в 1958 в соотношении с 1953 годом.

K. Stangenberg-Oporowska, A. Solski

Der Verunreinigungsstand im oberen Lauf des Odra-Flusses

Zusammenfassung

1. Um der Verunreinigungsstand im Grenzabschnitt des Odra-Flusses zu untersuchen wurden im Laufe des hydrobiologischen Jahres 1957/58 96 Wasserproben entommen: a) an der Versuchsstelle Chałupki (Grenzpunkt) jede Woche in der Zeit vom 17.X.57 bis 22.X.58 zwischen 12 und 14 Uhr; b) viermal binnen der Versuchsperiode (16/17.X.57, 28/29.I.58, 6/7.V.58 und 11/12.VIII.58) and der Versuchsstelle Chałupki je 2—3 St. während einer 24-stündiger Zeitspanne; c) zweimal (17.X.57 und 12.VIII.58) längs des Odra-Flusses von Chałupki ab, Krzyżanowice—Tworków—Sudoł bis Studzienne bei Racibórz, und zweimal (29.I.58 und 7.V.58) nur an den Versuchsstellen Chałupki und Studzienne (Abb. 1.) Insgesamt wurden etwa 2500 chemische Bestimmungen durchgeführt.

2. Der Verlauf von Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Oderwassers wurde an die gegenwärtigen hydrologischen Verhältnisse (grosse Veränderlichkeit) angeknüpft (Tab. I. Abb. 2.). Man hat festgestellt: zwei langdauernde Perioden von niedrigem Wasserstand im Sommer und im Herbst (November 1957 und September 1958 — Durchfluss gegen $7 \text{ m}^3/\text{sek.}$, zwei Perioden von niedrigem Wasserstand im Winter und Mitte Juni ($8,7\text{—}16,3 \text{ m}^3/\text{sek.}$), einige hohe Wasserstände mit sehr hohem Wasserdurchfluss im Juli (bis $452 \text{ m}^3/\text{sek.}$) während der Überschwemmungszeit.

3. Man hat die Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Odra-Wassers beurteilt: a) innerhalb 24 Stunden (Tab. II, III, IV und V, Abb. 3—8), b) in der Zeit vom 17.X.57 bis 22.X.58 (Tab. VI, Abb. 9—14), c) bei den für die Versuchszeit charakteristischen Wasserständen (Tab. VI) und d) im Vergleich mit den Staatsstandarten des polnischen Wasserrechts (Tab. VII).

Als Ergebnis dieser Beurteilung wurde festgestellt, dass der Bereich von Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Odra-Wassers beträchtlich sei und in einige Hunderte % reiche und dass er alle physikalisch-chemische Eigenschaften so in den 24-stündigen Versuchsperioden als auch während des ganzen Jahres umfasse. Diese Änderungen wurden entweder durch den ungleichen Zuflussrhythmus von Abwässern hervorgerufen, und im Zusammenhang damit konnte drei Zeitperioden mit ungleicher Abwasserbelastung des Oder-Wassers bezeichnen, und zwar: a) Herbst—Winter (17.X.57—12.II.58), b) Winter—Frühjahr (18.II.58—27.V.58), c) Sommer—Herbst (3.VI.58—22.X.58), oder sie entstanden infolge der Verdünnung (Gestaltung von veränderlichen hydrologischen Verhältnissen) im Flusse selbst. Der ungleiche Verunreinigungsgrad des Odra-Flusses während der einzelnen Perioden weist darauf hin, dass die Untersuchungen nicht einmalig oder mehrmals im Jahre sondern das ganze Jahr hindurch durchzuführen sind.

Die grössten Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung des Odra-Wassers binnen 24-stündigen Versuchsperioden wurden insbesondere im Oktober 1957 (Zufluss von Abwässern) gefunden, und die geringsten im Mai 1958 (Verdünnungen, Tab. II und III).

4. Man hat das Vorhandensein eines bestimmten 24-stündigen Rhythmus im Auftreten einer Reihe von chemischen Wasserkomponenten nachgewiesen, wobei die grösste Regelmässigkeit im Auftreten der 24-stündigen Maxima und Minima die Chloride zeigten (Tab. IV), weiterhin organische Substanzen und Phenole. Man bemerkte keine Regelmässigkeit in dem Zyanide Auftreten.

5. Die Veränderlichkeit des Verunreinigungsgrades des Odra-Flusses in den einzelnen 24-stündigen Versuchsperioden wurde auch als Abwasserbelastung der wichtigsten Verunreinigungsindikatoren ausgedrückt (Tab. V). Die höchste Abwasserbelastung (organische Stoffe) trat in der Odra binnen der 24-stündigen Versuchsperiode am 6/7.V.58 auf, diejenige der Phenole dagegen im Oktober 1957, die nächste folgte im Januar 1958. Die grösste Belastung des Oderwassers mit Zyanide wurde im August 1958 beobachtet.

6. Die einzelnen Verunreinigungsindikatoren zeigten die Beschaffenheit und Herkunft der in den Fluss mündenden Abwässer aus der Tschechoslowakei (landwirtschaftliche Industrie, städtisches Abwasser, aus der Kokerei, Gasanstalten, Hüttenindustrie sowie Cellulosenabwasser).

7. Ein intensiver Selbstreinigungsvorgang im Flusse wurde insbesondere in der Sommerzeit festgestellt, im Winter wurden die Prozesse schwächer und die Abwasserbelastung gestaltete sich besonders hoch.

8. Der Schwankungsbereich der chemischen Zusammensetzung des Odra-Wassers bei Chałupki in den abweichend niedrigen (4) bzw. hohen (1) Wasserstandsperioden ist in der Tab. VI. dargestellt. Fast immer waren die höchsten Verunreinigungsindikatoren mit den Perioden den niedrigsten Wasserstandes verbunden, und die kleinsten traten dagegen in der Zeit des höchsten Wasserstandes (Juli) auf.

9. Aus dem Vergleich des Schwankungsbereichs der chemischen Zusammensetzung des Odra-Wassers (1957/58) mit den Staatsstandarten des polnischen und tschechischen Wassergesetzes (Tab. VII) wurde es ersichtlich, dass während des ganzen Jahres diese Grundnormen sehr oft überschritten sind. Insbesondere kam dies zum Ausdruck beim Gehalt an Phenolen, und Zyanverbindungen, aber auch bei den Belastungsindikatoren der organischen Stoffe (Oxydierbarkeit).

10. Der Selbstreinigungsprozess des Wassers wurde längs der Flusses auf einer 25 km betragender Strecke von Chałupki ab bis Studzienne bei Racibórz geprüft (Tab. VIII). Es wurde nachgewiesen, dass die festgestellte Abnahme der Verunreinigungsindikatoren bei Studzienne viel mehr durch den Selbstreinigungsprozess als durch die Verdünnungen (Nebenflüsse der Odra: Olza und Cyna) hervorgerufen wurde.

Der Selbstreinigungsprozess verlief intensiver im Sommer und Herbst bei höherer Temperatur des Wassers, im Winter erfolgte dagegen eine beträchtliche Hemmung, was beispielweise an Phenolen nachgewiesen wurde.

11. Aus dem Vergleich der im Winter der Jahre 1957 und 1958 sowie im Winter des Jahres 1953 erzielten Versuchsergebnisse bestimmte man genäherte Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Odra-Wassers, wobei man die Zunahme einer Reihe von Verunreinigungsindikatoren (so Erstarrung als auch Belastungen) des Jahres 1958 im Verhältnis zu denjenigen des Jahres 1953 feststellte.

M. Bogucki and A. Wojtczak

Content of body water in *Nereis diversicolor* O. F. M. in various medium concentrations

Nencki Institute of Experimental Biology, Warsaw

Received 20.VI.1963

Since the work of Schlieper (1929) on the osmoregulation in *Nereis diversicolor* a number of authors approached this problem from various points of view.

Beadle (1937) confirmed the results of Schlieper that hemolymph of *N. diversicolor* is isotonic with full strength sea water and becomes hypertonic in dilute media, after a transient period of uptake of water and a loss of salts. The consequence of a rapid uptake of water in a dilute medium is a strong increase of body weight reaching its maximum after some 10 hours of exposure. After 2 or 3 days (Ellis 1937) the weight of the body gradually decreases approaching its initial value. The volume regulation of nereids in dilute medium was confirmed by Fretter (1955) and Jørgensen and Dales (1957).

The former author also examined the uptake of radioactive sodium (^{24}Na) by nereids in different conditions of water salinity. The active uptake of ^{36}Cl by *N. diversicolor* adapted to diluted medium was shown by Jørgensen and Dales.

Extensive studies of R. I. Smith (1954) on the regulation of chloride concentration in the hemolymph of *N. diversicolor* in dilute media have shown that this ability is common to the worms inhabiting media of very different salinity conditions.

A marked resistance of *N. diversicolor* to dilution of the natural medium enables the penetration of this species into strongly diluted sea waters and their surviving under laboratory conditions, even in fresh water for infinitely long periods (Smith 1955, Bogucki 1954).

The accommodation of tissues of *N. diversicolor* to the decrease of salt concentration was demonstrated by Wells and Ledingham (1940) and by Bogucki and Wojtczak (1962). Kinne (1954) showed that sensitivity of *N. diversicolor* to higher temperature in dilute media is much greater than in undiluted environment. We have therefore good knowledge of the biology, the development (Dales 1950, Bogucki 1953) and the reaction on variations of medium salinity of *N. diversicolor*.

However, the problem of the mechanism of osmoregulation in this species is up to day undissolved.

It seems that this task is greatly impaired by the lack of precise data 1) on the structure and function of nephridia, 2) on the mineral composition of the body fluids, and 3) on the degree of hydration of the animal body in different environmental conditions.

The aim of this study is to examine variations of water content in the body of *N. diversicolor* in different concentrations of sea water.

Material and methods

At the beginning of our studies the worms used for experiments were collected in coastal water of Baltic Sea, in the vicinity of Gdynia harbour. When the new generation, reared in aquarium conditions, reached convenient size it was also used for experiments.

Media for our experiments were prepared by diluting Baltic water ($S = 7.3\text{‰}$, 114 m. equiv. Cl/l), and artificial sea water ($S = 34.33\text{‰}$ 548 m. equiv. Cl/l). Artificial sea water prepared according to Hale (1957) appeared to be adequate medium for our worms; their feeding activity and the rate of growth was not lower than in nereids in natural Baltic water, and no increase of mortality in this medium was observed.

Changes of body weight were determined by weighing the animals with the accuracy to 1 mg. after the water adhering to the surface of the body was removed with blotting paper.

The water content of animals was calculated as the difference between wet and dry weights, the latter determined after drying at 105—110°C.

All experiments were carried out at room temperature varying from 15 to 20°C.

Osmotic pressure of the hemolymph was determined in Ramsay microcryoscope. We are very grateful to Dr. A. Duncan, Dr. R. Klekowski and Miss I. Łopatońska for making these determinations.

Results

Body water content of *Nereis diversicolor*

Mean water content of the body of 38 individuals from normal (100%) Baltic water was 84% of the body weight with the range from 80 to 91%. As it is seen from the Table I the water content in the Baltic population of *N. diversicolor* varies in the natural undiluted medium within fairly large limits. Within the same limits varies body water con-

Table I

Water content in *Nereis diversicolor* from Baltic water
($S = 7.3^{\circ}/_{00}$, $\Delta = 0.41^{\circ}$, 114 m. equiv. Cl/l)

No	Date	Wet weight mg	Dry weight mg	Water content %
1	29.X.62	66	11	83
2	29.X.62	108	18	83
3	3.IV.62	118	15	87
4	16.VI.62	126	14	89
5	12.V.61	141	24	83
6	12.V.61	143	27	81
7	7.XI.61	144	26	82
8	25.VI.62	145	27	81
9	18.X.61	189	35	81
10	16.VI.62	192	36	81
11	22.XI.62	196	25	87
12	3.VII.62	202	29	85
13	12.V.61	205	36	80
14	18.X.62	206	22	89
15	29.X.62	212	35	83
16	18.X.61	216	41	81
17	18.X.61	220	36	84
18	16.VI.62	232	41	82
19	2.X.61	237	33	86
20	23.X.61	243	34	86
21	25.VI.62	244	45	81
22	3.VII.62	249	34	86
23	7.XI.61	269	55	80
24	2.X.61	274	38	86
25	18.X.61	281	26	91
26	7.XI.61	291	49	83
27	22.XI.62	295	40	86
28	7.XI.61	303	45	85
29	3.VII.62	320	47	85
30	11.VI.62	322	57	82
31	23.X.61	333	50	85
32	11.VI.62	335	66	80
33	11.VI.62	359	75	79
34	23.X.61	402	36	91
35	22.XI.61	427	40	91
36	22.XI.61	501	76	85
37	3.IV.62	507	61	88
38	29.X.62	648	71	89
average:				84

tent in the worms adapted for 4 months to fresh water and to artificial sea water ($S = 34.33\%$) as shown in Table II.

The data in Tables I and II show that Baltic nereids can regulate the water content of their body in all concentrations of sea water and even in fresh water. It should be, however, pointed that only a limited percentage of our worms could adapt themselves to strongly diluted Baltic water or to fresh water.

Table II
Water content in worms adapted to different concentrations of the medium

a) Water content in worms adapted to fresh water (4 months) ($\Delta = 0.015^\circ$, 4 m. equiv. Cl/l)					
No.	Date	Wet weight mg	Dry weight mg	Water content	
				mg	%
1	10.I.62	187	23	164	88
2	23.V.61	267	43	224	84
3	10.I.62	274	46	228	83
4	17.V.61	303	52	251	83
5	23.V.61	393	62	331	84
6	23.V.61	401	61	340	85
7	17.V.61	450	87	365	80
8	10.I.62	526	94	432	82
9	10.I.62	573	62	511	89
b) Water content in worms adapted to 20% Baltic water (4 months) ($S = 1.46\%$, $\Delta = 0.082^\circ$, 23 m. equiv. Cl/l)					
1	21.IV.61	285	33	252	88
2	..	341	48	293	86
c) Water content in worms adapted during 3 months to artificial ocean water ($S = 34.33\%$, $\Delta = 1.8^\circ$, 548 m. equiv. Cl/l)					
1	16.VI.62	70	14	56	80
2	16.VI.62	104	21	83	80
3	18.X.62	177	35	142	80
4	29.X.62	214	24	190	89
5	16.VI.62	344	65	279	81
6	18.X.62	362	59	303	84
7	29.X.62	543	101	442	81

From 45 young worms (1-2 cm. long) transferred into fresh water only 10 individuals survived 13 months. In an other set of worms 20 individuals from 35 survived in fresh water about 1 year. The average percentage of surviving animals in fresh water did not exceed 40%.

Water content in the body of fasting animals was of the same magnitude as that of non-fasting animals kept in natural or in diluted Baltic water.

The longest period of fasting observed in 100% Baltic water was 72 days and in 25% Baltic water 71 days. Relative decrease of body weight

Table III

Water content in the body of nereids transferred from 100% to 10% and 5% Baltic water and to fresh water

No	Date	Temp. °C	Number of specimen	Body weight mg	Exposure time days	Water content %	Remarks
10% Baltic water							
1	23.X.61		1	648	1	91	
2	21.XI.61		1	182	2	94	dead
3	23.X.61		1	346	3	85	
4	21.XI.61		2	292 218	4	92 87	dead
5	9.X.62	15—17	6	190 (129—283)	4	85	
6	23.X.61		2	423 720	5	92 94	dead dead
7	21.XI.61		1	317	6	86	
8	23.XI.61		1	475	7	85	
9	29.XI.61		3	511 484 404	8	84 87 90	agony
10			1	486	10	89 91	
11			1	388	11	88	
12			1	592	12	90	dead
5% Baltic water							
1	12.IV.62	17	4	346 (270—475)	1	91	all dead
2	29.XI.62		4	268 (221—356)	1	84	
3	21.XI.61	16	1	275	2	88	
4	31.XI.61		1	287	4	85	
5	21.XI.61	16	1	443	6	83	
6	21.XI.61	16	1	374	21	90	
Fresh water							
1	12.VI.62	27	4	313 (234—427)	1	92—93	all dead
2	21.XI.61	16	1	144	2	86	
3	3.IV.62	17	2	259 265	2	89 84	
4	14.XI.62	14	3	228 (130—346)	2	87	
5	21.XI.61	16	1	167	3	95	dead
6	3.IV.62	17	1	229	3	93	dead
7	13.XI.62	14	6	171 (127—203)	3	91	
8	14.XI.62	14	3	243 (202—347)	3	89	
9	21.XI.61	16	1	327	4	91	
10	3.IV.62	17	1	292	4	88	
11	21.XI.61	16	1	476	6	96	dead
12	21.XI.61	16	1	453	20	84	

in these conditions could not be measured because of autotomy of the caudal end observed twice in the course of fasting period in both experiments.

The mortality of worms in strongly diluted media (10‰, 5‰, fresh water) is shown in Table III. Many of the animals were found dead or sluggish after a short exposure to dilute Baltic water and in these cases the content of body water increased over the normal limits. The mortality of worms was even greater when the temperature increased to 27–28°C. This is in accordance with findings of Kinnel (1954) and Iwlewa (1962).

The figures of Table III seem to show that the increase in water content over 91‰ of the body weight is a sign of an inefficiency of the mechanism of water elimination.

Table IV

Number of surviving worms transferred from 100‰ Baltic water to tape water and distilled water.
Temp. 15–16°C

Date	27.III	28.III	29.III	31.III	1.IV	2.IV	3.IV	4.IV	5.IV	6.IV	7.IV	9.IV	11.IV	24.IV	4.VI
Tape water	10	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	7	6
Distilled water	10	10	9	8	8	8	7	7	7	5	4	0	0	0	0

In the case when the worms are transferred to distilled water their survival time is much lower than that of worms transferred to fresh water (Table IV).

The worms used in these experiments were young individuals 14–27 mm long with 30–68 segments.

In distilled water only 4 individuals from 10 survived for 12 days. In fresh water 6 individuals from 10 were alive and in the good condition after 70 days. When transferred to distilled water all 6 animals became sluggish and visibly swollen after 24 hour exposure. The surviving ability of *Nereis diversicolor* in strongly hypotonic medium seems to be largely dependent on the mineral constituents of the water.

Weight changes of *Nereis diversicolor* in diluted and concentrated media

Changes of body weight of worms transferred from undiluted Baltic Sea water to media of different salinities are shown in Table V and VI.

Worms kept in 100‰ Baltic Sea water and weight at intervals of 1, 2 and 4 hours, and subsequently at longer intervals, showed gradual decrease of body weight. The observed loss of weight was taken into account for estimating weight changes of animals exposed to hypo- and hypertonic media.

Table V
Changes of body weight of *Nereis diversicolor* transferred from 100% to diluted Baltic water (in % of initial weight)

No.	Date	Temperature °C	Concentration of medium		Number of worms	Mean body weight mg	Exposure time in hours													Water content %																
			in %	m. equiv. Cl/l			1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	24	30	48		54	72	96	100												
1	29.X.62	17	82	93	11	320 (108—519)	103	102	103						108		106	106	110	104	103	102											86			
2	29.XI.62	18	50	57	4	463 (360—579)	104	107						112				117		114	110				109	108							84			
3	12.VI.62	27	25	28	3	323 (242—504)		104		104	102				106			107																86		
4	9.X.62	16	10	11	12	190 (131—283)	103	104			106							113	111	108	106	103	100											85		
5	29.XI.62	18	5	4	4	269 (221—336)	107	112	113					118				120		112	111				108	107							84			
6	13.XI.62	15	fresh water	4	6	171 (127—242)	108	109			116				122			151	150																91	
7	14.XI.62	15	„	4	5	242 (130—346)	108	112			114				114			121	121	117	115															88

In diluted Baltic Sea water, in agreement with earlier observations of other authors, the nereids transferred to diluted media increase in weight as a sequence of water uptake, and subsequently the weight of animals falls approaching initial value as a sequence of body volume regulation.

It should be taken in mind, however, that the ability of volume regulation in single specimens is realized in a very different degree. It was shown that in laboratory conditions some 40% of worms can adapt themselves to fresh water and live in this medium indefinitely (Bogucki 1954, Smith 1955). The majority of them die during the first months of adaptation, sluggish movements and swelling of the body precede the death.

In appreciating the weight changes of *Nereis diversicolor* transferred to fresh water it is necessary to take in consideration that curves of

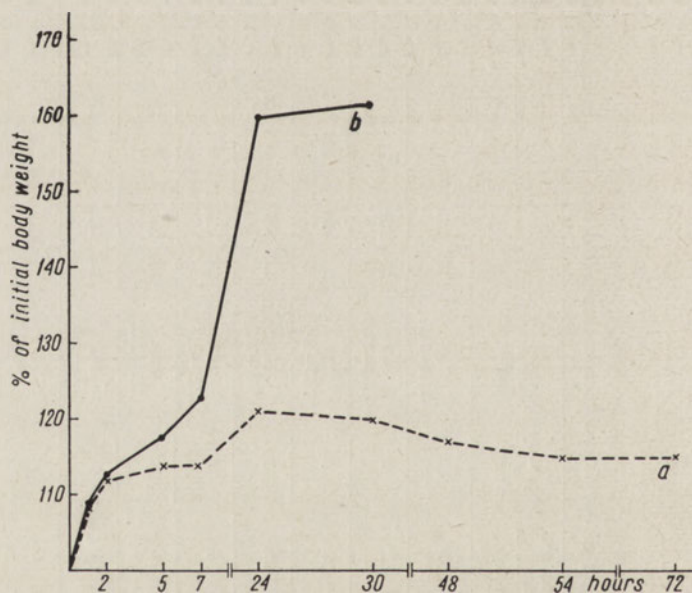


Fig. 1. Changes of body weight of *Nereis diversicolor* transferred from 100% Baltic Sea water to fresh water.

Temp. = 16°C (average of 6 worms)

a — weight regulation, b — lack of weight regulation

the body weight can have quite different aspect depending not only on the magnitude of osmotic gradient between the body fluid and the environment but also on the ability of the examined animals to resist the osmotic stress in hypotonic medium. Fig. 1 shows body weight changes in two series of worms transferred to fresh water. In one series (curve a) the volume regulation is apparent. The maximal increase of weight

(21%) is followed by a gradual decrease. In the second series (curve b) no tendency of volume regulation was observed during 30 hours of exposure. It is supposed that the mechanism of water elimination was better developed in the animals of the first series, and their adaptability to fresh water was higher than in the second series.

A still more accentuated diversity of the reaction to hypotony is shown in Fig. 2. The curves represent the changes of body weight of 2 worms transferred from 100% to 20% Baltic Sea water. Curve a shows body weight regulation. The animal was very vigorous during the observation period (10 days), and when returned to 100% sea water it released eggs after 2 months staying in natural medium. Maximal increase in weight was 36% of the initial body weight.

Curve b (Fig. 2) differs from curve a; the weight increase of this worm was much greater reaching 77% of body weight. At the end of experiment (9 days) the animal was sluggish, and 2 days after its return to 100% Baltic Sea water it was found dead. The above examples seem show that worms which are incapable to weight regulation in hypotonic medium retain the water taken up osmotically from the medium, become swollen, and die. In these cases the water content increases over the limits observed in the animals from their natural environment (Table I).

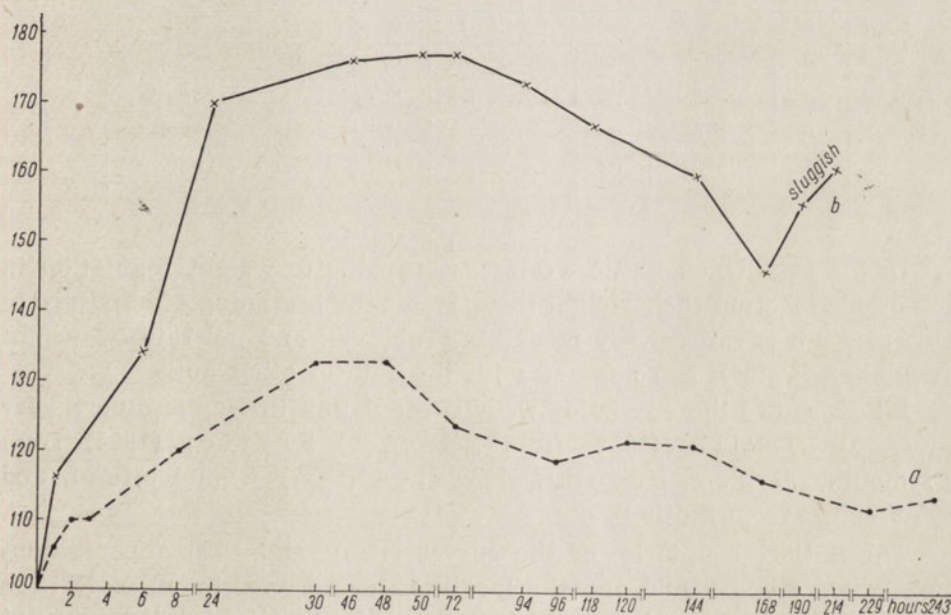


Fig. 2. Changes of body weight of *Nereis diversicolor* transferred from 100% to 20% Baltic Sea water. $T = 15^{\circ}\text{C}$

a — weight regulation, b — lack of weight regulation. The ordinate represents % of initial body weight

The increase in weight of worms in distilled water (Table VI) after 24 hours exposure varied from 107 to 184% of the initial body weight. In the course of the first 7 hours the increase in weight was of the same order as in the tap water. It became more rapid at the end of experiment, when the osmotic water uptake was not counterbalanced by the defensive mechanism of the organism. The increased water influx into the body of the majority of examined animals is demonstrated by the increase of body weight and the increased percentage of their water content as well. The strong hydration of worms in distilled water may be result of the increased permeability of the body surface in the medium deprived of mineral constituents or may be caused by insufficiency of water elimination by the nephridia.

Table VI

Weight changes of worms transferred from 100% Baltic Sea water into distilled water in % of initial body weight, Temp. = 16–18°C. 4.II.1963

No	Body weight mg	Exposure time in hours				Water content %	Remarks
		1	4	7	24		
1	357	105	109	115	178	93	dead
2	303	100	105	115	184	93	„
3	349	105	112	122	163	95	„
4	354	103	110	107	134	90	„
5	453	103	105	108	107	91	sluggish
6	677	102	113	120	149	94	dead
7	677	101	—	109	131	89	reacts on touch

In the case when Baltic worms are capable to weight regulation in hypotonic medium their weight increases at the beginning of exposure to this medium is rather very moderate (Table V), and the rate of weight regulation is small as compared with the data of other authors.

Fig. 3 shows the curves of weight regulation in *Nereis diversicolor* given 1) by Ellis (1937) from Roscoff, 2) Fretter (1955) from Plymouth, 3) Jørgensen and Dales (1957) from Ice-fiord, and 4) ourselves from Baltic Sea.

The initial abrupt rise of the curves is caused by osmotic gradient between the body fluid and the medium. In the experiment of Ellis (curve 1) and that of Fretter (curve 2) initial osmotic gradient corresponds to 447 and to 419 m.equiv. Cl/l respectively. In the experiment of Jørgensen and Dales (curve 3) the osmotic gradient was 218, and in our experiment (curve 4) 195 m.equiv. Cl/l. The heigher is initial

osmotic gradient between body fluid and medium the greater is the water uptake and the corresponding body weight increase of animal.

In all our experiments the weight increase of worms in hypotonic medium was much smaller than in experiments of other authors. This difference can be explained as a result of different physiological state of Baltic and Atlantic worms.

The worms from marine habitats of high salinity are isotonic with their medium, those from southern Baltic (114 m.equiv. Cl/l) are

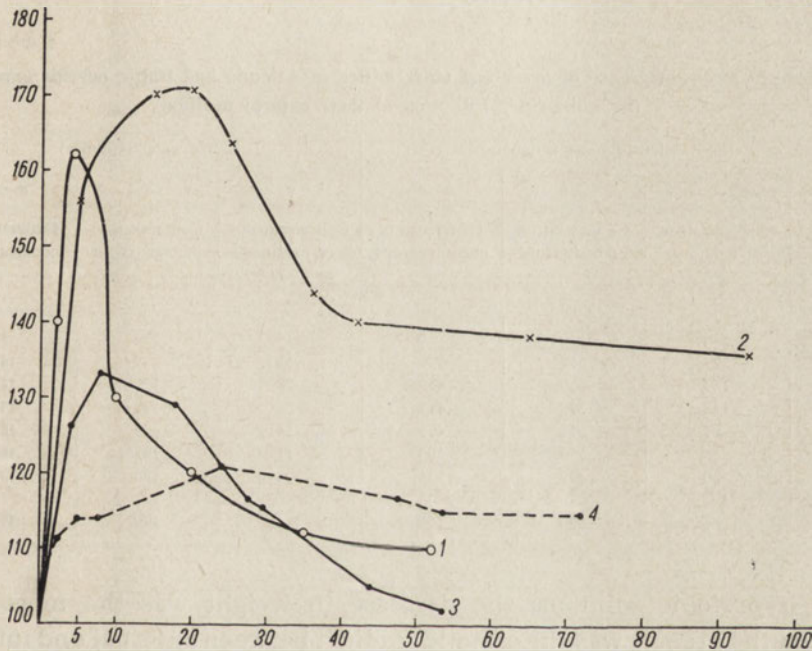


Fig. 3. Curves of weight regulation of *Nereis diversicolor* in dilute media 1 — after Ellis, 2 — after Fretter, 3 — after Jørgenson and Dales, 4 — after Bogucki and Wojtczak. The abscissa represents hours and the ordinate, % of initial body weight

hypertonic: concentration of their body fluid reaches 199 m.equiv. Cl/l. After the transfer of Atlantic worms from full strength to 20% sea water, as it was the case in Ellis experiments, initial difference of concentration between inner and outer milieu was equal to the difference between a concentration of undiluted and diluted sea water used in experiment: 559—112 m.equiv. Cl/l = 447 m.equiv. Cl/l. In the case of Baltic nereids exposed to the same dilution (20%) of their medium initial osmotic gradient between inside and outside medium is much lower corresponding to 175 m.equiv. Cl/l (Table VII).

It is evident from Table VII that Baltic nereids transferred to dilute media have to endure less than a half of the osmotic stress which is encountered by the Atlantic worms in the same degree of dilution of their natural medium.

In Table VIII are presented some observations on the changes body weight of worms transferred from 100% Baltic Sea water to different dilutions of artificial sea water ($S = 34.33\text{‰}$, 548 m.equiv. Cl/l). The concentration of the body fluid of worms from 100% Baltic Sea water amounts to ca 200 m.equiv. Cl/l.

Table VII

Initial concentration difference of inner and outer milieu in Atlantic and Baltic nereids exposed to the same (in %) dilution of their natural medium

Degrees of dilution in %	Atlantic water (Plymouth)			Baltic water (Gdynia)		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b-a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d-c</i>
	Concentration of medium	Concentration of body fluid	Difference of concentrations	Concentrations of medium	Concentration of body fluid	Difference of concentrations
	in m. equiv. Cl/l					
100	559	559	0	114	199	85
50	279	559	280	57	199	142
25	149	559	419	28	199	171
20	112	559	447	23	199	176
15	84	559	475	14	199	185
10	56	559	503	11	199	188
5	28	559	531	6	199	193
fresh water	4	559	555	4	199	195

In hypertonic solutions the decrease in weight was the more pronounced the greater was the osmotic gradient between external and internal milieu of the worms. The tendency of weight regulation was more or less marked (Table VIII No 1—6). In hypotonic solutions (Table VIII No 8, 9) a small increase in weight was observed. In isotonic medium (Table VIII No 7) the body weight remained practically unchanged.

The content of body water of worms exposed to hypertonic sea water was somewhat lower than of worms from hypotonic media. (Table VIII No 8, 9). In the experiment No 3 (Table VIII) the worms exposed to 55% sea water (300 m.equiv. Cl/l) at the temperature of 18°C and at the osmotic gradient corresponding to 100 m.equiv. Cl/l lost 9% of body weight in the course of the first hour. The degree of dehydration was about the same as it was found by Jørgenson and Dales (1957) in analogous experiment. The rate of body weight increase in 18% sea water (Table VIII No 8) at the same osmotic gradient and

Table VIII
Changes of body weight in *Nereis diversicolor* transferred from 100% Baltic water to different dilutions of artificial sea water ($S = 34.33\text{‰}$)

No	Date	Temp. °C	Concentration of medium in		Number of worms	Mean body weight mg	Exposure time in hours											Water content %								
			%	m. equiv. Cl/l			1	2	3	4	5	6	7	8	9	24	48		72	96						
1	3.IV.62	16	100	548	1	188		77			76				84	83		102	104	101	101				82	
2	18.VI.62	18	100	548	4	454 (229—818)		72			69		71			74										77
3	3.VII.62	18	55	300	8	363 (313—441)	91		81				84		85			89	100	88						85
4	3.IV.62	16	50	274	1	189		85			81		78		81	78		89	89	89	89					83
5	18.VI.62	18	50	274	4	307 (208—528)		90			84		84			86										79
6	23.VI.62	20	47	258	5	611 (356—860)	96	92			94		98			96			104							83
7	23.VI.62	20	36,5	200	3	265 (191—318)	100	101			100		99			99			106							83
8	3.VII.62	15—20	18	100	8	328 (223—487)	101		102				102		103			103	97	106						86
9	23.VI.62	20	10	55	5	511 (382—703)	104	107			107		113			116			126							87

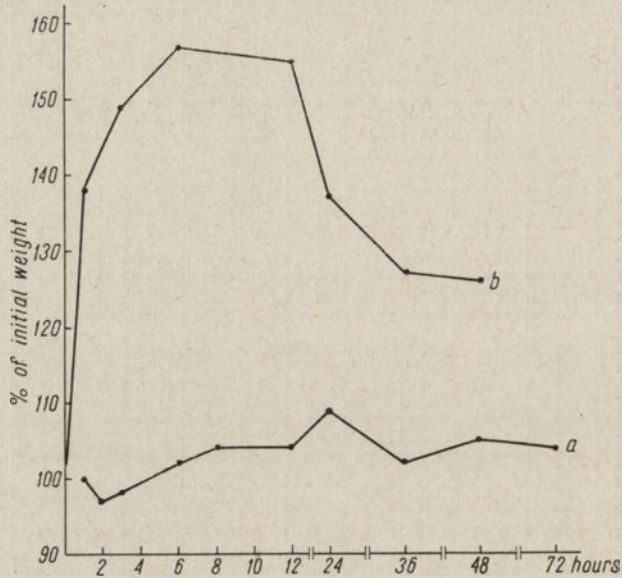


Fig. 4. Curves of weight regulation of *Nereis diversicolor* adapted for 6 months to artificial sea water ($S = 34.33\%$, 548 m.equiv. Cl/l) after the transfer (a) to 82‰ (average of 10 worms) and (b) to 25‰ sea water (average of 5 worms)

temperature was much smaller amounting to 1‰ of body weight per hour. This result was rather unexpected, and it is difficult to explain it on the basis of our data.

The increase and regulation of body weight in worms adapted for 6 months to artificial sea water ($S = 34.33\%$ — 548 m.equiv. Cl/l) and transferred into dilute sea water, was similar to the increase of weight in animals from Baltic Sea water exposed to dilute medium (Fig. 4). This fact seems to prove that artificial sea water used in our experiment was adequate for living conditions of the worms.

Discussion

The average content of body water of *Nereis diversicolor* from Baltic Sea is 84‰ of body weight (Table I) with the range from 80—91‰. According to D u r c h o n and L a f o n (1951) the average water content in *Nereis diversicolor* from Luc sur Mer is 78‰ of body weight and the deviations from this average are insignificant.

The difference between the hydration of the body of populations from the Baltic Sea and the English Channel may be of some significance for

future studies on racial differences in *Nereis diversicolor* living in different geographical areas. At present, it is not possible to explain this difference because of the lack of precise, information on the salinity of the external medium in the case of the worms examined by *Durchon* and *Lafon*. Some contribution to this question may be our observations on the worms adapted for 3 months to artificial oceanic water ($S = 34,33\%$). The degree of hydration of these worms was smaller than of these from the Baltic Sea (Table II). Their water content approached the value found by *Durchon* and *Lafon* for the worms from *Luc sur Mer*.

The worms transferred from 100% Baltic Sea water to various dilutions of this medium did not change the content of body water determined at intervals of 1,2 or more days (Table III), except individuals incapable to weight regulation.

Table IX
Concentration of body fluid in *Nereis diversicolor* adapted for 4 months to diluted Baltic Sea water and to fresh water

Body fluid concentration		Concentration of medium		Osmotic gradient
Δ	m. equiv. Cl/l	Δ	m. equiv. Cl/l	m. equiv. Cl/l
0.678°	199	0.420°	123	76
0.625°	183	0.180°	53	130
0.530°	155	0.015° fresh water	4	151

The stability of water content in worms transferred to dilute media is not accompanied by the same stability of the body fluid concentration. Table IX shows the decrease of the concentration of body fluid in animals adapted to dilute Baltic Sea water, and to fresh water. If the worms from full strength Baltic Sea water are compared with those adapted to fresh water one can see that the concentration of the body fluid in the latter category decreases by $199 - 155 = 44$ m.equiv. Cl/l, but the body water content is the same in both categories of worms. This fact seems to indicate that some loss of mineral constituents from the body fluids occurs in the course of the adaptation of *Nereis diversicolor* to fresh water.

The results of *Beadle* (1937) and *Ellis* (1937) that the worms subject to hypotony lose chlorides in the initial period of the adaptation does not contradict our opinion.

It is to be noted that a new osmotic steady state established in worms transferred into fresh water corresponds to the lowest limit of the body fluid concentration, compatible with their vital needs. Our observations and those of *Smith* (1955) have shown that about 50% of animals

perish in fresh water, only the remaining ones, a selected group of survivors, are able to osmotic regulation.

According to Wells and Ledingham (1940) and Bogucki and Wojtczak (1962) the isolated muscle of *Nereis diversicolor* conserves its activity in concentration of the medium much lower (50—5 m.equiv. Cl/l) than that of the body fluid of worms adapted to fresh water (155 m.equiv. Cl/l). These animals certainly never experience such a low body fluid concentrations in natural conditions of life. In all dilutions of Baltic Sea water the worms are able to regulate the concentration of body fluids in very narrow limits; 199 m.equiv. Cl/l in 100% Baltic Sea water and 155 m.equiv. Cl/l in fresh water. Due to the osmoregulation mechanism the tissues of the worms are successfully protected against the decrease of body fluid concentration even in the environment of fresh water.

The observed resistance of muscle tissue to a very low concentration of bathing medium cannot be considered as an adaptation of worms to the hypotonic external medium, as it was pointed by Wells and Ledingham (1940). After Jørgensen and Dales (1957) the uptake of labelled chloride observed in *Nereis diversicolor* is strongest in concentrations of Sea water ranging from 120 to 65 m.equiv. Cl/l, corresponding to the salinity conditions of the Baltic Sea. The same was found by Fretter (1957) in respect to the uptake of labelled sodium against the concentration gradient. The above findings show that the uptake of mineral constituents from the external medium increases markedly when the animals are subjected to hypotonic conditions and that this process enables them to conserve the hypertony of the body fluids.

In the fresh water the uptake of chloride by worms is much lower than in diluted sea water (Jørgensen and Dales). In this case, however, the needs of organism for mineral constituents should be rather much greater than in diluted sea water. It can be supposed that the worms in fresh water experience some deficiency of mineral constituents owing to the low concentration of these constituents in fresh water and increased osmotic gradient between the inside and the outside media. Marked mortality (50%) of worms in fresh water could be the expression of mineral deficiency in animal organism.

The weight regulations of Baltic Sea nereids transferred to dilute media does not differ essentially from that of North Sea and Atlantic populations examined earlier by other authors (Schlieper 1929, Beadle 1937, Ellis 1937, Jørgensen and Dales 1957, Fretter 1957). The only difference found in the course of the present investigation is a much slower reaction of animals to dilute media (Fig. 3, curve 4)

than it was described by other authors for worms from marine habitats. This difference cannot be qualified however as a racial one. The worms of Baltic Sea population transferred to dilute Baltic Sea water or even to fresh water are subjected to a very small increase of the osmotic gradient between the inside and the outside media (Table VII) which is insufficient to produce greater increase of body weight, as a sequence of osmotic uptake of water.

Baltic specimens adapted for 3 months to artificial sea water ($S = 34,33\%$) and transferred to 25% sea water exhibit a weight increase reaching nearly 160% of the initial body weight (Fig. 4, curve b). In this case the curve of weight regulation is similar to that observed in worms from marine habitats.

Some suggestions of Beadle (1937) and Ellis (1933) seem to indicate that the lack of calcium in the hypotonic medium increased the permeability of the body surface to water. In fact the experiments of both authors prove that the water uptake strongly increases when the worms are subjected to the medium deprived of calcium. It is not demonstrated however, that this increased is a result of permeability changes of the body surface. Other explanations of this fact are possible. It can be supposed that the activity of nephridia may be controlled by the nervous system and sense organs in response to chemical changes of the medium. Increased body weight of worm in hypotonic Ca-free medium could be the effect of lowered activity of nephridia, the permeability of body surface remaining unchanged. The same can be said about the role of muscles. Their contraction and relaxation influenced by chemical changes of the medium may successfully facilitate or inhibit the osmotic water uptake. It is not excluded, and even probable, that all discussed factors (permeability, nephridial activity, muscles tonus) cooperate in regulating the body water content of worms in hypotonic medium.

According to Jørgensen and Dales (1957) the permeability of body surface in *Nereis diversicolor* remains unchanged in hypotonic brackish media. The calculation of the water uptake based on the observations of the chloride influx into the body in hypotonic medium agreed closely with the water uptake measured directly by weighing the animals. The conclusion is based on the assumption that urine of the worms is isotonic with body fluids. This assumption is very probable but not proved. An other statement of the mentioned authors is that the worms adapted to fresh water are less permeable to water than worms from brackish water. The figures summarizing the results of these experiments (Table on the page 366) are not very convincing. The authors did not explain how they estimated the concentration of the body fluid in worms adapted to fresh water and exposed 1) to brackish water (concentration

gradient = 100 m.equiv. Cl/l) and subsequently 2) to the medium the concentration of which was lower by 100 m.equiv. Cl/l than the body fluid concentration established in the course of previous dehydration. The author themselves agree that worms adapted to fresh water and exposed for some time to brackish water are no more fresh water adapted.

The permeability of the body surface of nereids to water is a well established fact. However the opinions concerning permeability changes of body surface to water, based on the weight changes of worms exposed to various concentrations of the medium are until now purely hypothetical. It seems that fully valid remains up to day the following statement of B e t h e (1934): „Aus den Gewichtsänderungen können aber keine gesicherte Schlüsse auf die Grösse der Wasserdurchlässigkeit der Körperoberflächen gezogen werden”.

Summary

1. The average content of water in the body of the population of *Nereis diversicolor* from southern Baltic Sea ($S = 7,3\text{‰}$) amounts to 84%, ranging from 80 to 91%. Prolonged fasting (70 days) does not influence the percentage of water content.

2. In the worms adapted for 3 months or more to diluted Baltic Sea water the percentage of water content remains in the same limits as in worms from 100‰ Baltic Sea.

3. The increase of body weight of worms from Baltic Sea water transferred to diluted media is very small.

4. Hypothesis on the permeability changes of the body surface to the water in dependence to the concentration of the medium is discussed.

REFERENCES

1. B e t h e A., 1929. Ionen durchlässigkeit der Körperoberfläche von wirbellosen Tieren des Meeres als Ursache der Giftigkeit von Seewasser abnormer Zusammensetzung. Pflug. Arch. ges. Physiol., **221**, 344—362.
2. B e t h e A., 1934. Die Salz- und Wasser-Permeabilität des Körperoberflächen verschiedener Seetiere in ihren gegenseitigen Verhältniss. Pflug. Arch. **234**, 629—644.
3. B o g u c k i M., 1953. The reproduction and the development of *Nereis diversicolor* O. F. Müller in the Baltic. Pol. Arch. Hydrobiol., **1**, 251—270 (Polish with English summary).
4. B o g u c k i M., 1954. Adaptation of *Nereis diversicolor* to diluted Baltic water and to fresh water. Pol. Arch. Hydrobiol., **2**, 237—251 (Polish with English summary).

5. Bogucki M. and Wojtczak A. 1962. Contractility of isolated muscles of *Nereis diversicolor* cultured in hypotonic media. Pol. Arch. Hydrobiol., 10: 231—239.
6. Dales R. P., 1950. The reproduction and larval development of *Nereis diversicolor* O. F. Müller. Journ. Marine Biol. Assoc. 29, 321—360.
7. Durchon M. et Lafon M., 1951. Quelques données biochimiques sur les Annelides. Ann. Soc. Nat. Zool. Biol. anim. 13: 427—451.
8. Ellis W. G., 1937. The water and electrolyte exchange of *Nereis diversicolor*. Müller. J. exp. Biol. 14: 340—350.
9. Fretter Vera., 1955. Uptake of Radioactive Sodium (^{24}Na) by *Nereis diversicolor* Müll., and *Perinereis cultrifera* (Grube). Journ. Marin. Biol. Assoc. 34: 151—160.
10. Hale L. J., 1958. Biological laboratory data. Methuen. London.
11. Jørgensen C. B., and Dales R. P., 1957. The regulation of volume and osmotic regulation in same Nereid Polychaetes. Physiol. comp. et oecol. 4: 357—374.
12. Iwlewa I. W., 1962. Tęplotęstość tkanki polichiet Śródziemnomorskiego białej. Zool. Żurn. 16: 1798—1810.
13. Kinne O., 1954. Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss des Salzgehaltes auf die Hitoresistenz von Brackwassertieren. Zool. Anz. 152: 10—16.
14. Schlieper C. 1929. Über die Einwirkung niederer Salzkonzentrationen auf marine Organismen. Z. vergl. Physiol. 9, 478—514.
15. Smith R. J., 1955. Comparison of the level of chloride regulation by *Nereis diversicolor* in different parts of its geographical range. Biol. Bull. 109, 453—474.
16. Wells G. P. and Ledingham I. C., 1940. Physiological Effects of a hypotonic environment. I. The action of hypotonic Salines on isolated rhythmic preparations from polychaete worms. (*Arenicola marina*, *Nereis diversicolor*, *Perinereis cultrifera*). J. exp. Biol., 17: 337—352.
17. Zenkewitch L., 1938. The influence of Caspian and Black Sea water of different concentration upon some common Black Sea invertebrates. Part. I. Survival and body weight changes (In Russian) Zool. zn. 17: 845—376.

E. Kamler

Badania nad *Plecoptera* Tatr*

Zakład Hydrobiologii Eksperymentalnej, Instytut Nenckiego, Warszawa

Otrzymano 3.VI.1963

Wstęp

Plecoptera, *Ephemeroptera* i *Trichoptera* stanowią ważny składnik makrofauny potokowej. Z pracy Percival, Whitehead (1929) wynika, że w badanych przez nich strumieniach owady te stanowiły 27—75% makrofauny na różnych typach dna kamienistego oraz 17—24% makrofauny mchów. Macan (1961) stwierdza szczególną przydatność *Ephemeroptera* do charakterystyki potoków. Illies (1953) opiera swą typologię krainy ryb łososiowatych na *Plecoptera*, *Ephemeroptera*, *Trichoptera* i *Coleoptera*, a w pracy z 1955 r. stwierdza, że *Plecoptera* wykazują małą zdolność rozprzestrzeniania się zarówno w stadium imago, jak i w okresie życia larwalnego, dzięki czemu stanowią dobry obiekt do pracy nad rozprzestrzenianiem się organizmów wód płynących. W obrębie rzędu *Plecoptera* występują zarówno formy stare, trzeciorzędowe (np. *Diura bicaudata*), jak i formy młode, powstałe w okresie ostatniego zlodowacenia Würm (np. *Leuctra teriolensis* i *Leuctra rauscheri*) — wg Illiesa (1955) i Rausera (1962).

Te właściwości *Plecoptera* wywołały ostatnio duże zainteresowanie się nimi. Jak stwierdzono na pierwszym europejskim sympozjum poświęconym tej grupie, które odbyło się w 1956 r. w Lozannie, fauna *Plecoptera* Europy jest już dostatecznie poznana (Aubert 1956).

W przeciwieństwie do innych krajów Europy, fauna *Plecoptera* Pol-

* Niniejsze opracowanie stanowi część prowadzonych przez Katedrę Hydrobiologii UW badań nad litoreofilną fauną potoków tatrzańskich. Praca była częściowo finansowana z dotacji Komitetu Zoologicznego PAN.

ski jest dotychczas słabo poznana (Wojtas 1962). Dotychczas z terenów Polski cytowanych było 48 gatunków *Plecoptera*. Lista gatunków krajów dobrze zbadanych obejmuje: Niemcy — 106 gatunków (Illies 1955), Szwajcaria — 86 gat. (Aubert 1949), Czechosłowacja — 74 gat. (Winkler 1957), Belgia — 62 gatunki (Aubert 1956), Hiszpania — 80 gatunków (Aubert 1956).

Dane faunistyczne dotyczące *Plecoptera* Tatr i innych obszarów leżących w obecnych granicach Polski zawarte są w pracach: Nowicki (1865, 1867, 1868), Dziędzielewicz (1867, 1891, 1895, 1911, 1919—20), Majewski (1882, 1885), Schneider (1885), Schille (1902), Le Roi (1912), Minkiewicz (1914), Pongracz (1919), Demel (1923, 1923), Tomaszewski (1932). W ogólnohydrobiologicznych opracowaniach Michejdy (1954) i Siemińskiej (1956) zawarte są krótkie wzmianki na temat *Plecoptera*. Dopiero w ostatnich czasach pojawiły się opracowania poświęcone tej grupie: Sowa (1961, 1961, 1962), Wojtas (1962, 1962).

Tatry są regionem o najlepiej poznanej faunie *Plecoptera* w Polsce. Dotychczas cytowanych było z Tatr Bielskich, Wysokich i Zachodnich po obu stronach granicy 49 gatunków. Poza wyżej wymienionymi, dane o *Plecoptera* Tatr zawarte są w pracach badaczy czechosłowackich węgierskich i niemieckich: Mocsary (1899), Klapalek (1904, 1904), Pongracz (1913, 1914), Schoenemund (1930), Baltasar (1938), Hrabe (1942), Obr (1955), Rauser (1956), Winkler (1957). Występowanie szeregu gatunków podawanych w pracach przed 1930 rokiem wymaga sprawdzenia.

Mimo pewnego zaawansowania znajomości *Plecoptera* Tatr brak jest dotychczas pełniejszego opracowania tej grupy na tym terenie. Tatry, będąc naszymi najwyższymi górami, stanowią najciekawszy teren badań nad *Plecoptera*. Większość gatunków widelnic — to stenotermy wód zimnych. Temperatura wody potoków jest niska i stosunkowo mało zmienna, zbliżona stale do średniej rocznej (Brinck 1949, Rauser 1962). Poza ekologicznymi, istnieją również geohistoryczne przyczyny bogactwa gatunkowego fauny *Plecoptera* Tatr. Tatry w plejstocenie nie były objęte lądolodem, podczas ocieplania się klimatu w epoce polodowcowej stanowiły refugium dla form zimnolubnych. Rauser (1962) stwierdził na przykładzie rodzaju *Leuctra* i *Protonemura*, że największe bogactwo gatunków *Plecoptera* w Europie spotykane jest na południe od granicy maksymalnego zasięgu lądolodu i na północ od 45° szerokości geograficznej.

Praca ma na celu zbadanie fauny *Plecoptera* Tatr pod względem: 1) składu gatunkowego. 2) roli *Plecoptera* w biocenozie 3 grup bada-

nych owadów (*Plecoptera*, *Ephemeroptera* i *Trichoptera*) oraz 3) zależności ich występowania od niektórych czynników abiotycznych — szybkości prądu, rodzaju podłoża i wysokości nad poziomem morza.

Materiał i metoda

Pracę oparto na 176 próbach jakościowych i 473 próbach ilościowych. Próby ilościowe pobrano z powierzchni 21,32 m². W pobranych próbach stwierdzono 4285 okazów *Plecoptera*. Próby pobrano w latach 1954—1963 w miesiącach: styczeń, luty, marzec, maj, czerwiec, lipiec, sierpień, wrzesień i październik. Przebadano 40 potoków, 11 jezior i 1 źródło w Tatrach Wysokich i Zachodnich (tab. I).

Imagines łowiono siatką entomologiczną z powietrza i z nadbrzeżnych drzew i krzewów oraz zbierano z przybrzeżnych kamieni formy słabo latające. Połowów form larwalnych dokonywano różnymi metodami, w zależności od środowiska. Próby ze środowiska żwirowego i zastoisk były pobierane czerpaczem dna. Następnie pobrany materiał przepłukiwano i wybierano larwy. W środowisku kamienistym na dnie potoku wyznaczano prostokąt, z którego dwukrotnie wybierano cały materiał skalny przez przesuwanie pod prąd siatki z metalowym obudowaniem. Kamienie opłukiwano w kuwecie i wybierano larwy. Ze środowiska mchowego pobierano próby przez wybieranie larw z wyciętego pod wodą kwadratu 10 × 10 cm poduchy mchu. Dokonywano pomiarów: głębokości wody, szybkości prądu i wielkości cząstek podłoża. Pobrany materiał konserwowano w 75% alkoholu etylowym. Szczegółowy opis metody zawarty jest w pracy Kamler i Riedel (1960).

Do sporządzania preparatów części ważnych systematycznie stosowano płyn Faure'a. Preparaty trwale z wewnętrznych organów kopulacyjnych samców z rodzaju *Isoperla* i samiec z rodzaju *Leuctra* wykonywano w sposób następujący: igłami odpreparowywano zakończenie odwłoku, umieszczano w 5% KOH, zagotowywano, przemywano w wodzie destylowanej zakwaszonej kilkoma kroplami kwasu octowego, wypreparowywano organ kopulacyjny i zamykano w płynie Faure'a (wg. Illiesa (1955) i Rausera (1960) — metoda zmodyfikowana).

Teren badań

Opis badanego terenu podano w opracowaniach: Kamler i Riedel (1960), Kamler (1960, 1962).

Listę przebadanych zbiorników podaje tab. I. Dane odnośnie badanych zbiorników: nazwy, wysokość n.p.m., powierzchnia, podawano na podstawie dostępnych map turystycznych, przewodników Paryskiego (1951—62) i Zwolińskiego (1948) oraz pracy Radwańskiej-Paryskiej (1959).

Gatunki Plecoptera znalezione
Espèces de Plécoptères trouvées

Nazwa zbiornika Nom du réservoir	Roztoka	Zamkający	Pod Mostem	Zagonny	Omszaly	Skalniasty	Potrójny	Prostopadły	Z Pięciu Stawów	Z Koziego Wierchu	Ze Stawu Spiskiego	Waksmundzki	Dopływ Waksmundzkiego I	Dopływ Waksmundzkiego II	Z Zadniego Stawu	Z Czarnego Stawu	Z Miedzianego	Do Wielkiego Stawu	Z Marchwicznej Przełęczy	Czarny	Sucha Woda	Rybi Potok
Nr zbiornika No du réservoir	1	2*)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Gatunek Espèce	Potoki Tatr Wysokich Torrents des Hautes Tatras																					
<i>Brachyptera seticornis</i>	+																					
<i>Rhabdiopteryx neglecta</i>																						
<i>Protonemura auberti</i>	+																					
<i>Protonemura brevistyla</i>		+		+				+	+													+
<i>Protonemura intricata</i>	+									+												
<i>Protonemura meyeri</i>																						
<i>Protonemura sp. (montana?)</i>	+	+		+				+	+													+
<i>Protonemura nimborum</i>																						
<i>Protonemura nitida</i>																						
<i>Protonemura praecox</i>		+																				
<i>Amphinemura standfussi</i>			+	+	+	+																
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	+																					
<i>Nemoura cinerea</i>			+						+		+											
<i>Nemoura marginata</i>																						
<i>Nemoura mortoni</i>																						
<i>Nemurella picteti</i>									+													
<i>Leuctra armata</i>	+			+				+														+
<i>Leuctra braueri</i>																						
<i>Leuctra handlirschi</i>	+																					
<i>Leuctra inermis</i>	+											+										+
<i>Leuctra major</i>	+																					
<i>Leuctra nigra</i>	+																					
<i>Leuctra niveola (?)</i>	+																	+				
<i>Leuctra pseudosignifera</i>	+																					
<i>Leuctra rauscheri</i>	+																					
<i>Leuctra rosinae</i>	+																					
<i>Capnia vidua</i>													+									+
<i>Arcynopteryx compacta</i>														+								
<i>Diura bicaudata</i>	+												+		+	+	+					
<i>Perlodes intricata</i>	+	+																				+
<i>Perlodes jurassica</i>																						
<i>Perlodes microcephala</i>																						
<i>Isoperla görtzi</i>	+																					+
<i>Isoperla grammatica</i>	+																					
<i>Isoperla obscura</i>	+																					
<i>Isoperla sudetica</i>	+			+				+														+
<i>Dinocras cephalotes</i>	+																					
<i>Perla bipunctata</i>		+																				
<i>Perla marginata</i>																						
<i>Perla maxima</i>	+																					
<i>Marthamea vitripennis</i>																						+
<i>Chloroperla neglecta</i>																						
<i>Chloroperla tripunctata</i>	+												+									+

* 2 — 9 Attributs de la Roztoka, 10 — Petit torrent venant de la montagne Kozí Wierch dans la Vallée Pięć Stawów Polskich, 16—18 — Attributs du lac Wielki Staw dans la Vallée Pięć Stawów Polskich, 19 — Torrent venant de la Vallée Gasińcowa, 45—50 — Lacs dans la Vallée Pięć Stawów Polskich, 51 — Lac dans la Vallée Staroleśna,

Dla łatwiejszej orientacji poznaczano nazwami małe, bezimienne potoczki — dopływy potoków Olczyskiego i Roztoki.

Badaniami objęto wysokości od ok. 900 m nad poziomem morza (potok Olczyski przy Jaszczurówce) do ok. 2000 m (potok wypływający ze wschodniego Stawu Spiskiego). Pojedyncze okazy zebrano na wysokości ok. 800 m (Zakopane).

Proponowana przez Rausera (1962) klasyfikacja terenu w zależności od jego wyniesienia nad poziom morza przedstawia się następująco:

wysokość n.p.m.:	0 — 199 m	określenie:	nizina
	200 — 599 m		góry niskie
	600 — 1399 m		góry średnie
	ponad 1400 m		góry wysokie

Teren objęty niniejszą pracą zawiera się więc w granicach „gór średnich” i „gór wysokich”.

Wykaz stwierdzonych gatunków

Podrząd: *Filipalpia*

Rodzina: *Taeniopterygidae*

Brachyptera seticornis (Klapalek) 1902. Gatunek stwierdzony nie-licznie (stanowi 2,9%¹ złowionych okazów), jednak często (wystąpił w 80%¹ pobranych prób). Łowiony na wysokości 905—1100 m. Larwy zamieszkują w potokach wielkich i małych, w środowisku kamienistym od marca do maja. Imagines, samce i samice łowiono od 18.V do 10.VIII, jednak w lipcu i w sierpniu wyłącznie samice. Większość złowionych okazów pochodzi z Tatr Zachodnich, jednak stwierdzono występowanie tego gatunku również i w Tatrach Wysokich.

Z Tatr podaje ten gatunek Winkler (1957) z Tatr Zachodnich. Z Tatr Wysokich nie był dotychczas podawany, jednak dane o *B. trifasciata* Dziedzielewicza (1867, 1891, 1895, 1919—20), Nowickiego (1867) i Minkiewicza (1914) dotyczą prawdopodobnie *Brachyptera seticornis*.

¹ Podane w nawiasach procenty dotyczące liczebności i częstotliwości poszczególnych gatunków są oparte wyłącznie na zbiorach jakościowych i z tego względu należy je traktować jako orientacyjne. Zbiory ilościowe są obecnie w opracowaniu, ich wyniki zostaną opublikowane później, częściowo zaś zostały wykorzystane w dalszej części niniejszej pracy.

Według danych Pongracza (1919), Dzieźdielewicz (1919—20) i Tomaszewskiego (1932) gatunek ten występuje również w Polsce poza Tatrami: w Górach Świętokrzyskich, w potokach Babiej Góry i w Sudetach. *Brachyptera seticornis* występuje w Europie środkowej i południowej (płw. Pirenejski, Apeniński i Bałkański). Jest to gatunek kontynentalno-europejski, prawdopodobnie występujący w Europie na południe od granicy maksymalnego zasięgu lodowca. Rozprzestrzenienie tego gatunku będzie można określić ostatecznie dopiero po sprawdzeniu danych Pongracza (1919) z Gór Świętokrzyskich. W Europie środkowej wg Winklera (1957) gatunek dochodzi do wys. 1600 m, jednak maksimum występowania obserwuje się na wysokości do 1200 m. Imagines pojawiają się od maja do sierpnia.

Rhabdiopteryx neglecta (Albarda) 1889. 2 larwy tego gatunku złowiono 11.III.1963 w potoku Olczyskim (Tatry Zachodnie) na wysokości 905 m w środowisku kamienistym. Z Tatr Zachodnich cytuje go Sowa (1962), z Polski poza Tatrami — Schneider (1885) ze Śląska. Występuje w całej Europie z wyjątkiem Półwyspu Pirenejskiego. W Europie środkowej gatunek ten występuje na wysokości 375—1400 m w rzekach i w dużych potokach. Imagines wylatują w marcu i w kwietniu.

Rodzina: *Nemouridae*

Protonemura auberti Illies 1954. Gatunek występuje nielicznie (stanowi 2% złowionych okazów), jednak często (stwierdzony w 6% pobranych prób) w Tatrach Wysokich i Zachodnich. Larwy łowiono na wysokości 1000—1700 m w wielkich potokach i małych strumieniach w środowisku kamienistym. Imagines zbierano od 7 do 20.VIII.

Dotychczas podawany z Tatr Wysokich, Tatr Zachodnich i z Niskich Tatr (Klapalek 1904 i Hrabec 1942 — jako *P. fumosa*, Rauser 1956, Winkler 1957).

Poza Tatrami odnaleziony był przez Sowę (1961) w potoku Wielka Puszca (prawobrzeżny dopływ Soły). Znany z Niemiec, Szwajcarii, Czechosłowacji i Rumunii. Wg Illiesa (1955) jest to gatunek brzegowy południowego lodowca. Rauser (1962) zalicza go do grupy gatunków kontynentalno-europejskich, rozprzestrzenionych na południe od maksymalnego zasięgu lodowca. Notowany był on na wysokości 125—1958 m. Imagines spotykane od lipca do października. Larwy żyją w jeziorach, źródłach i potokach w strefie oligosaprobowej i katarobowej.

Protonemura brevistyla Ris 1902. Gatunek stwierdzony licznie (7,5% zebranych okazów) i bardzo często (w 11% pobranych prób). Wystąpił na całym badanym zasięgu wysokości (971—2000 m). Larwy w potokach

w środowisku kamienistym, a także w małych jeziorach: Wole Oko w Dolinie Pięciu Stawów Polskich (pow. 0,1 ha) i Czerwone Stawki w Dolinie Gąsienicowej (0,27 i 0,15 ha). Imagines, samce i samice znajdowano od 7.VII do 24.VIII nad potokami i Źródłem Lodowym. Spotykany częściej w Tatrach Wysokich niż w Tatrach Zachodnich.

Dawniejsi autorzy (Obr 1955, Rauser 1956, Winkler 1957) podają ten gatunek z Tatr Wysokich i Zachodnich. Z Polski dotychczas nie podawany. Znany jest z Francji, Szwajcarii, Niemiec i Czechosłowacji, wykazuje rozprzestrzenienie alpejsko-karpackie. Podawany był z wysokości 375—2000 m, jednak głównie występuje powyżej 1000 m. Imagines pojawiają się od lipca do października. Jest to gatunek ubikwistyczny: był podawany z wielkich rzek (Aubert 1949b), górskich i wysokogórskich potoków, gdzie osiąga maksimum występowania, oraz z wysokogórskich jezior. Występuje w strefie katarobowej.

Protonemura intricata Ris 1902. Gatunek stwierdzony bardzo nielicznie (1% złowionych okazów) i rzadko (3,4% pobranych prób). Łowiony był na wysokościach 971—1500 m w potokach wielkich i małych. Imagines na wys. 971—1400 m od 7.VII do 13.VIII, jednakże na wys. 1500 m jeszcze 20.VIII łowiono nymphae. Występuje zarówno w Tatrach Wysokich jak i Zachodnich.

Dotychczas podawany z Tatr Wysokich i z Tatr Zachodnich (Majewski 1885, Dziędzielewicz 1867, 1891, 1895, 1919—20, Nowicki 1867, Winkler 1957). Poza Tatrami występuje w Polsce w: Pieninach, Krzeszowicach, Sudetach (Majewski 1882, 1885, Dziędzielewicz 1891, Tomaszewski 1932, Michejda 1954). Gatunek ten jest pospolity w całej Europie środkowej, występuje także na Półwyspie Pirenejskim, Apenińskim, na Sycylii i na Półwyspie Bałkańskim. Ten kontynentalno-europejski gatunek nie przekracza na północ granicy maksymalnego zasięgu lodowca. W Europie środkowej występuje na wys. 400—1500 m. Rauser (1956) określa wys. 700 m jako górną granicę występowania tego gatunku, przeczą temu jednak dane innych autorów: Balthasara (1936) — 850 m, Auberta (1946) — 1500 m, Kührtreibera (1934) — 2200 m (!), Eidela (1955) — 1200 m, oraz niniejszej pracy — 1500 m. Na południu: w Grecji, Kalabrii, Pirenejach, gatunek ten często przekracza 1700 m. Imagines pojawiają się od końca IV do VIII. Larwy żyją w potokach i górnych biegach rzek w strefie katarobowej i oligosaprobowej.

Protonemura meyeri (Pictet) 1841. Larwy tego gatunku łowiono wyłącznie w małym śródleśnym dopływie potoku Olczyńskiego (Tatry Zachodnie) na wys. ok. 1000 m. Gatunek ten wystąpił razem z *Protonemura praecox*.

Winkler (1957) podaje go z Tatr Zachodnich. W Tatrach Wysokich dotychczas nie stwierdzony. Wydaje się, że w tym przypadku czynnikiem eliminującym nie są warunki podłoża i własności fizyczno-chemiczne wody, lecz wysokość n.p.m. Wszystkie badane odcinki potoków Tatr Wysokich leżą powyżej 1000 m. Odczyn wody w tych potokach jest niższy, niż w potokach Tatr Zachodnich, które swym zasięgiem obejmowały niższy zakres wysokości: 900—1000 m. Frost (1942) porównując dwa niżowe strumienie stwierdził, że gatunek ten liczniej wystąpił w potoku o pH wody = 5,6 (49,3% fauny Plecoptera), niż w potoku płynącym po podłożu wapiennym o pH wody = 8 (17,5% fauny Plecoptera). Wszyscy autorzy są zgodni, że w Europie środkowej gatunek ten nie przekracza wysokości 1000 m: Baddock — (1954) cytuje go z wys. 89 m, Frost (1942) — 55 i 210 m, Hynes (1958) — 160—580 m, Aubert (1946) — 375—800 m, Despax (1933) — 800 m, Winkler (1957) — poniżej 1000 m. Z Polski podaje ten gatunek Sowa (1961) z potoku Wielka Puszca (wys. 315—720 m). Występuje w całej Europie środkowej, a także w Skandynawii, Anglii, Irlandii. Na Półwyspie Pirenejskim występuje na wys. 1700—2900 m. na Półwyspie Apenińskim na wys. 1200—1400 m (Aubert — 1958). Jest to gatunek szeroko rozprzestrzeniony w całej Europie. Imagines pojawiają się od III do VII. Larwy żyją tylko w potokach górskich. Żyje w strefie oligosaprobowej.

Protonemura sp. (*montana* — Kimmins 1941 ?). Gatunek był stwierdzony bardzo licznie (stanowi 11% pobranych okazów) i bardzo często (w 10,2% pobranych prób). Łowiony na wysokości 1000—1700 m, jednak na wysokości powyżej 1500 m był spotykany jedynie sporadycznie. Larwy łowiono zarówno w wielkich potokach, jak i w małych strumieniach, głównie w środowisku kamienistym, młode larwy łowiono w mchu. Gatunek ten wydaje się być mało wrażliwy na szybkość prądu: spotykano go zarówno w wodospadach, jak i w stagnujących partiach potoku, jeden raz napotkano w jeziorze. Imagines nie stwierdzono: okazy pochodzące z sierpnia — to dorosłe larwy i nymphae. W Tatrach Zachodnich i Wysokich jest to drugi pod względem liczebności gatunek po *Isoperla sudetica*. Larwy tego gatunku łowiono również w rzece Czarna Orawa na Orawie w kwietniu.

Protonemura montana nie była dotychczas podawana z Tatr, ani z innych terenów Polski. Do niedawna panowało przekonanie, że Karpaty zamieszkuje blisko spokrewniony z *Protonemura montana* gatunek *Protonemura nimborella*. *Protonemura nimborella* była znaleziona w Tatrach przez Rausera (1956), Obr (1955) podaje, że ten gatunek był

najliczniejszym przedstawicielem *Plecoptera* w Tatrach Zachodnich, zaś A u b e r t (1955) twierdzi, że populacje karpackie stanowią odmienną rasę *Protonemura nimborella*. W swej pracy z 1962 roku R a u s e r wypowiada jednak pogląd, że *Protonemura nimborella* jest gatunkiem alpejskim, który powstał podczas glacjału Würm poprzez zróżnicowanie ras *Protonemura montana*. Według R a u s e r a (1962) występowanie *Protonemura nimborella* ograniczone jest do Alp, podczas gdy *Protonemura montana* występuje dysjunktywnie w Wielkiej Brytanii, w Masywie Centralnym i w Karpatach.

Ze względu na brak imagines w mych zbiorach posłałam próbki larw Prof. D. E. K i m m i n s o w i* prosząc go o porównanie z opisanym przez niego gatunkiem *Protonemura montana* (Kimmins 1941, 1943). Oto odpowiedź, którą uzyskałam: „Your specimens are certainly allied to this species (*P. montana* — przyp. mój) but I do not think that they are identical. The last instar of male nymphs have the paraprocts more rounded apically and the nymphs are distinctly smaller than nymphs of *montana*, although the size may well be variable”.

Protonemura nimborum Ris 1902. *Protonemura nimborum* łowiono często (w 5,7% pobranych prób), lecz nielicznie (4% pobranych okazów). Dorosłe larwy i nymphae tego gatunku łowiono licznie w marcu w środowisku kamienistym i mchowym potoków na wysokości 905—1550 m. Pojedyncze nymphae tego gatunku napotymano w maju, a nawet 22.VII na wysokości 1670 m. W potokach tatrzańskich ten gatunek zajmuje te same środowiska, co *Protonemura* sp. (*montana*?). Oba te gatunki występują przemiennie: dorosłe larwy i nymphae *Protonemura nimborum* — wiosną, *Protonemura* sp. (*montana*?) — latem.

Z Tatr podają go P o n g r a c z (1913), R a u s e r (1956) — Niskie Tatry oraz W i n k l e r (1957) z Tatr Wysokich. Z Polski nie był dotychczas cytowany. Znany z gór Europy środkowej. R a u s e r podaje, że gatunek ten jest rzadki. *Protonemura nimorum* należy do fauny Europy kontynentalnej rozprzestrzenionej na południe od maksymalnego zasięgu lodowca. Podawany z wys. 800—2000 m. Imagines pojawiają się od IV do VI. Jest to gatunek strefy katarobowej i oligosaprobowej.

Protonemura nitida (Pictet) Ris. 1902. Larwy tego gatunku łowiono: w potoku Białym (Tatry Zachodnie, wys. ok. 1000 m) dwukrotnie po 1 okazy oraz w potoku płynącym z Czarnego do Wielkiego Stawu w Dolinie Pięciu Stawów Polskich — 2 okazy. W potokach *Protonemura nitida* zamieszkuje środowiska zastoiskowe i mchowe.

* Pragnę bardzo gorąco podziękować Prof. D. E. K i m m i n s o w i za pomoc, jakiej mi udzielił, porównując moje okazy *Protonemura* z larwami *Protonemura montana*.

Protonemura nitida cytowana jest przez O b r a (1955) z Tatr Zachodnich. Prawdopodobnie dane o *P. lateralis* D z i ę d z i e l e w i c z a (1867 i 1891) z Zakopanego dotyczą tego gatunku. Z Polski poza Tatrami cytuje go D z i ę d z i e l e w i c z (1911) z Myślenic k. Krakowa, D z i ę d z i e l e w i c z (1919—20) — Gołobór, S c h i l l e (1902) z doliny Popradu i S o w a (1961) z potoku Wielka Puszcza. Gatunek ten występuje w Europie środkowej, a także na Półwyspie Pirenejskim i Apenińskim na wys. do 2100 m. Imagines pojawiają się od VII do IX. Larwy żyją w potokach w środowisku zwirowym, zastoiszkowym i mchowym. Znoszą większą niż inne gatunki *Plecoptera* ilość substancji organicznej rozpuszczonej w wodzie. Oprócz strefy katarobowej i oligosaprobowej występują i w strefie beta-mezosaprobowej.

Protonemura praecox (Morton) 1894. Larwy tego gatunku łowiono pojedynczo w małych potoczkach — dopływach potoku Olczyskiego (Tatry Zachodnie), potoku Czarnym i Roztoka (Tatry Wysokie), na wysokości 1000—1500 m.

Gatunek ten z Tatr nie był dotychczas znany. Poza Tatrami znany z Polski z potoku Wielka Puszcza (S o w a 1961), oraz z Karkonoszy (S c h o e n e m u n d — 1927). Znany w całej Europie środkowej, Anglii, Irlandii, płw. Apenińskiego i Sycylii. Jest to średniogórski i górski gatunek Europy i Wysp Brytyjskich. W Europie nie przekracza na północ linii maksymalnego zasięgu lodowca, na Wyspach Brytyjskich występuje również i na północ od tej granicy. W Europie środkowej występuje na wys. 250—800 m, znaleziska tatrzańskie są obecnie najwyższe na tym obszarze klimatycznym. Występowanie tego gatunku na obszarze badanym jest sporadyczne, ponieważ dolna granica wysokości terenu badań leży w pobliżu górnej granicy występowania gatunku. Imagines pojawiają się od II do VI. Larwy żyją w podgórskich potokach w strefie katarobowej i oligosaprobowej.

Amphinemura standfussi Ris 1902. Dorosłe larwy i nymphae tego gatunku łowiono nielicznie w sierpniu w 4 małych strumykach-dopływach potoku Roztoka (Tatry Wysokie) w środowisku kamienistym i zwirowym na wys. 1100—1400 m. Z Tatr cytuje ten gatunek R a u s e r (1963). Z Polski dotychczas nie był podawany. *Amphinemura standfussi* występuje w całej Europie z wyjątkiem półwyspów południowych na wysokości 156—1530 m. R a u s e r (1963) podaje, że gatunek ten jest wrażliwszy na charakter dna i jakość wody od innych gatunków tego rodzaju. Występuje głównie w małych potoczkach górskich płynących głębokimi wąwozami. Unika nagromadzonej materii organicznej — głównie występuje na dnie kamienistym i piaszczystym w strefie oligosa-

probowej. Imagines wylatują od VI do X. Łowione dorosłe larwy i nymphae pochodzą z górnych partii pionowego rozmieszczenia tego gatunku, pojawu więc imagines w Tatrach należy się spodziewać w końcu okresu lotów.

Amphinemura sulcicollis (Stephens) 1835. Gatunek stwierdzony bardzo nielicznie (1% złowionych okazów) i rzadko (występuje w 4% pobranych prób). Imagines samce i samice łowiono od 5.VII. do 10.VIII. w Tatrach Wysokich i Zachodnich.

Z Tatr Bielskich, Tatr Wysokich, Tatr Zachodnich podają go: Nowicki (1867), Dziędzielewicz (1867), (1891), (1919—20), Mocsařy (1899), Pongracz (1914), Balthasar (1938), Obr (1955), Winkler (1957). Z Polski poza Tatrami podawany przez Schille (1902), Dziędzielewicza (1919—20), Tomaszewskiego (1932), Michejdę (1954) z Sudetów, okolic Wrocławia, Głogowa oraz Beskidu Zachodniego. Ten szeroko rozprzestrzeniony w Europie gatunek występuje: w Europie środkowej, Skandynawii, Anglii, Irlandii, na Półwyspie Pirenejskim i Apenińskim, na wys. 375—1650 m. Według Rausera (1963) jest to najszerszej rozprzestrzeniony gatunek rodzaju. Imagines pojawiają się od IV do X. Larwy są mało wymagające, żyją w źródłach i potokach, a na północy również w jeziorach w strefie oligo- i beta-mezosaprobowej.

Nemoura cinerea (Retz) 1783. Gatunek stwierdzony nielicznie (4,8% zebranych okazów), lecz często (w 8% pobranych prób), na wys. 1000—1686 m. Larwy *Nemoura cinerea* łowiono głównie w małych strumykach w Tatrach Zachodnich we wszystkich środowiskach: kamienistym, żwirowym, zastoiskowym i mchowym. Stwierdzony także w wysokogórskich jeziorach w Tatrach Wysokich. Imago samicę złowiono 7.VII.

Z Tatr podają go: Nowicki (1868), Majewski (1882), Dziędzielewicz (1895), Mocsařy (1899), Pongracz (1914), Schoenemund (1930), Hrabe (1942), Winkler (1957). Znany z licznych stanowisk Tatr Wysokich, Zachodnich i Niskich Tatr. Z Polski poza Tatrami znany z Sudetów, okolic Głogowa, Wrocławia, Babiej Góry, Wadowic, Stróży, Puław, Wejherowa, Dolnej Wisły (Majewski 1885, Dziędzielewicz 1867, 1891, 1919—20, Pongracz 1919, Tomaszewski 1932, Michejda 1954). *Nemoura cinerea* jest gatunkiem najszerszej spośród wszystkich *Plecoptera* rozprzestrzenionym w Europie. Występuje w całej Europie środkowej, a także w Skandynawii, Anglii, Irlandii, na Półwyspie Pirenejskim, Apenińskim i Bałkańskim, od północnych części Laponii (Brinck 1949) po Kalabrię (Aubert 1948), od Hiszpanii (Aubert 1956) po Kaukaz (Martynow 1928). Znany też z Turkiestanu i z wyspy Nowa Ziemia. Występuje na wysokości od 90 m (Baddock 1954 — Szwecja) do 2400 m

(Bertrand i Aubert 1952, 1955 — Pireneje). Imagines wylatują od IV do IX. Jest to najbardziej ubikwistyczny spośród wszystkich europejskich gatunków *Plecoptera*. Larwy żyją we wszystkich typach wód śródlądowych, w wodach płynących i stojących, nawet na dnie mulistym. Występują w strefie oligosaprobowej, jednak częściej w beta-mezosaprobowej, stanowiąc pod tym względem wyjątek wśród *Plecoptera*.

Nemoura marginata (Pictet) Ris 1902. Gatunek łowiony bardzo nie-licznie (stanowi 1% zebranych okazów) i bardzo rzadko (wystąpił w 2% pobranych prób). Złowiony na wysokości 1000—1074 m. Większość napotkanych larw pochodzi z małych potoczków — dopływów potoku Strążyskiego (Tatry Zachodnie). W Tatrach Wysokich nie łowiony. Poza Tatrami łowiono ten gatunek w rzece Czarna Orawa i jej dopływach.

Z Tatr podawany jedynie przez O bra (1955) z Tatr Zachodnich. Z Polski poza Tatrami, z Sudetów, rejonu Wadowic i dolnej Wisły podaje ten gatunek Wierzejski (1883), Majewski (1885), Dzieńdzielewicz (1891), Le Roi (1912), Pongracz (1919) i Tomaszewski (1932). *Nemoura marginata* występuje jedynie w Europie środkowej na wys. 375—2400 m. Imagines pojawiają się od IV do IX. Larwy żyją w wodach płynących, od małych potoczków do rzek, w różnych środowiskach w strefie oligosaprobowej.

Nemoura mortoni Ris 1902. 2 dorosłe larwy złowiono 16.III.1963 w potoku Białka na wysokości 980 m. Z Tatr dotychczas nie cytowany, z Polski cytuje ten gatunek Sowa (1961) z potoku Wielka Puszcza. Dotychczas cytowany z Alp. Gatunek ten wykazuje dysjunkcję alpejsko-karpacką. Występuje w drobnych zbiornikach oraz w środkowych i dolnych biegach górskich potoków na wysokości 500—2200 m. Imagines pojawiają się od IV do X.

Nemurella picteti Klapalek 1900. Występuje licznie (8% złowionych okazów) i często (w 8,5% pobranych prób) na wysokości 971—1886 m. Larwy spotykane w jeziorach, rzadziej w drobnych potoczkach, gdzie występują w środowiskach bezprądowych: żwirowym i zastoiskowym. 1 samicę złowiono 7.VIII nad Źródłem Lodowym w Dolinie Kościeliskiej.

Z Tatr podawany przez Balthasara (1938), Hrabe (1942), O bra (1955), Winklera (1957). Cytowany z Tatr Bielskich, Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich. Z Polski poza Tatrami znany z Pojezierza Pomorskiego, Pojezierza Mazurskiego oraz z Sudetów (Le Roi — 1912, Demel — 1923, Tomaszewski — 1932, Michejda — 1954). Występuje w całej Europie: Europa środkowa, Skandynawia (również w regionie arktycznym na północ od kręgu polarnego), Anglia, Ir-

landia, Półwysep Pirenejski i Apeniński, również w Algierii. *Nemurella picteti* posiada ogromny zasięg wysokościowy występowania: od 375 do 2500 m. Z szerokim zasięgiem geograficznym i wysokościowym wiąże się długi okres wylotu imagines: od IV do IX/X. Larwy tego gatunku, obok larw *N. cinerea* są największymi ubikwistami spośród *Plecoptera* europejskich. Zamieszkują wszystkie środowiska wszystkich typów wód stojących i płynących, jednak najliczniej występują w wodach stagnujących, gdzie wyłączona jest konkurencja pozostałych gatunków *Plecoptera* i większości *Ephemeroptera*.

Rodzina: *Leuctridae*

Leuctra armata Kempny 1899. Gatunek łowiony nielicznie (2% zebranych okazów), ale często (w 7% pobranych prób) na wysokości 971—1550 m. Łowiony w wielkich potokach i małych strumieniach w Tatrach Zachodnich i Wysokich. Imagines znajdowano od 7.VII do 16.VIII, w VII łowiono samce i samice, w VIII tylko samice.

Z Tatr podają ten gatunek: Pongracz (1913), (1914), Klapalek (1940), Hrabe (1942), Obr (1955), Rauser (1956), Winkler (1957) z Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich. Z Polski poza Tatrami podaje go jedynie Sowa (1961) z Pienin. Jest to gatunek środkowo-europejski o rozprzestrzenieniu karpacko-alpejskim (dotychczas najbardziej na południe wysunięte stanowisko — Wenecja). Występuje na ogół sporadycznie na wielkim zasięgu wysokości: 500—2600 m w źródłach i potokach w strefie katarobowej i oligosaprobowej.

Leuctra braueri Kempny 1898. Gatunek nieliczny (stanowi 2,5% złowionych okazów), spotykany rzadko (wystąpił w 3% pobranych prób). Występowanie jego jest silnie zlokalizowane, napotkano go jedynie w dwóch płynących blisko siebie lewobrzeżnych dopływach potoku Olczyskiego (Tatry Zachodnie) na wysokości ok. 950 m. Oba potoczki płyną cienistymi wąwozami leśnymi po podłożu ilasto-lupkowym.

L. braueri nie była dotychczas podawana z Tatr. Z Polski poza Tatrami podaje go Sowa (1961) z Karpat — potok Wielka Puszcza (prawobrzeżny dopływ Soły). Gatunek ten występuje w Europie środkowej, na półwyspie Pirenejskim, Apenińskim i Bałkańskim, na wysokości 400—2300 m. Imagines pojawiają się od VII do X. Larwy występują przeważnie w małych, leśnych potoczkach (Klapalek 1909, Eidell 1955), wykazują ściśle zlokalizowane występowanie (Aubert 1946). Występują w strefie katarobowej i oligosaprobowej, mogą również przenikać do beta-mezosaprobowej.

Leuctra handlirschi Kempny 1898, 1 samicę złowiono 8.VIII nad Źródłem Lodowym w Dolinie Kościeliskiej na wys. 971 m i 1 samicę — 12.VIII. nad potokiem Rozтока na wys. ok. 1300 m (Tatry Zachodnie i Tatry Wysokie).

Podawany z Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich przez: Klapalka (1904), Pongracza (1913), (1914), Hrabego (1942), Rausera (1956), Obra (1955), Winklera (1957). Z Polski poza Tatrami podaje Sowa (1961) z Pienin. Gatunek znany jest z Europy środkowej i południowej (Płw. Apeniński i Bałkański). Należy on do fauny Europy kontynentalnej, nie przekracza na północ granicy maksymalnego zasięgu lodowca. Występuje na wysokości 465—2000 m. Imagines pojawiają się od V do IX. Larwy żyją w potokach, źródłach i jeziorach w strefie katarobowej i oligosaprobowej.

Leuctra inermis Kempny 1889. Spotykany był nielicznie (3,5% wszystkich okazów), jednakże bardzo często (12% pobranych prób). Wystąpił głównie na wys. 905—1400 m, dwukrotnie jednak napotkany w Tatrach Wysokich i Zachodnich na wys. 1600 i 1700 m. Larwy żyją w potokach wielkich i małych w środowisku kamienistym. Imagines łowiono w drugiej połowie lipca.

Z Tatr podawany przez: Pongracza (1914), Balthasara (1938), Hrabego (1942), Rausera (1956), Winklera (1957). Cytowany z Tatr Bielskich, Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich. Z Polski poza Tatrami podaje go Sowa (1961) z Karpat: potok Wielka Puszca (prawobrzeżny dopływ Soły). Gatunek występuje w całej Europie środkowej, Anglii, Irlandii, na Płw. Pirenejskim, Apenińskim, na Sycylii i na Płw. Bałkańskim. *L. inermis* tylko na Wyspach Brytyjskich przekracza na północ granicę zasięgu lodowca. Aubert (1957) podaje, że w Europie środkowej gatunek ten jest pospolity na wys. 169—1500 m, ale z rzadka spotykany aż do wys. 2000 m. Optymalna wysokość występowania tego gatunku wzrasta przy przesuwaniu się na południe: w Kalabrii (39°) osiąga ona 1800 m, w Sierra Nevada (37°) — 2800 m. Z dużą rozpiętością występowania pionowego wiąże się długi okres wylotu imagines: (II/III — VIII/IX). Larwy żyją w potokach w strefie katarobowej i oligosaprobowej.

Leuctra major Brinck 1949. Spotykany bardzo nielicznie (1% wszystkich Plecoptera) i rzadko (w 3,4% pobranych prób) na wysokości 1100—1670 m. Łowiono wyłącznie larwy. Występowały one w potokach małych i wielkich, w środowisku kamienistym i mchowym, w Tatrach Wysokich i Zachodnich.

Z Tatr Wysokich podaje go Dziędzielewicz (1891, 1895). Z Polski poza Tatrami podają: Majewski (1882), Schneider (1885), Dziędzielewicz (1911, 1919—20), Pongracz (1919), Michejda (1954). Z Polski znany dotychczas z Sudetów, Beskidu Zachodniego i okolic Krakowa. Występuje w Europie środkowej i południowej (płw. Pirenejski i Apeniński). *L. major* w Europie nie przekracza na północ granicy maksymalnego zasięgu łądłolodu. Dane Pongracza (1919) z okolic Krakowa wymagają więc sprawdzenia. Dotychczas gatunek ten spotykano na wysokości 375—2500 m. Imagines pojawiają się od VII do XI. Larwy żyją w potokach, niekiedy w rzekach, oraz w jeziorach.

Leuctra nigra Kempny 1898 (Olivier 1811). Stwierdzono 5 larw tego gatunku w lewobrzeźnym dopływie potoku Olczyskiego (Tatry Zachodnie) na wys. ok. 1100 m. Jest możliwe, że fauna *Plecoptera* Tatr jest bogatsza w ten gatunek, niż to wykazały niniejsze badania. Jest to bowiem gatunek wiosenny, większość prób natomiast pobierana była w miesiącach letnich i jesiennych, młode więc larwy mogły zostać przeoczone. Ponadto *L. nigra* zamieszkuje głównie tereny położone niżej niż te, na których głównie skoncentrowały się obecne badania.

Z Tatr Wysokich, Tatr Zachodnich i Niżnich Tatr *Leuctra nigra* była podawana przez Nowickiego (1867), Dziędzielewicza (1867, 1891, 1895), Majewskiego (1882, 1885), Pongracza (1913), Hrabego (1942), Obra (1955) i Winklera (1957). W Sudetach, okolicach Wrocławia i Beskidzie Zachodnim łowili ten gatunek: Schneider (1885), Schille (1902), Pongracz (1919), Michejda (1954). *Leuctra nigra* występuje w całej środkowej Europie, w Skandynawii, nawet na północ od kręgu polarnego, na Wyspach Brytyjskich i na Półwyspie Apenińskim, jest zaliczana do gatunków europejskich o dużym rozprzestrzenieniu. Zasięg pionowego występowania: 600—2000 m. Imagines pojawiają się od IV do VII/VIII. Larwy żyją w potokach, źródłach górskich i wysokogórskich, rzadziej w jeziorach. W potokach zamieszkuje wszystkie środowiska, często występuje w wodach stojących razem z *N. cinerea* i *Nemurella picteti* w strefie katarobowej i oligosaprobowej.

Leuctra niveola (?) Schmid. 1947. Spotykany bardzo nielicznie (0,5% pobranych okazów) i rzadko (w 2,3% prób), na wysokości 1000—1670 m. Łowiono jedynie larwy, w potokach wielkich i małych w środowisku kamienistym i w mchu, w Tatrach Wysokich i Zachodnich.

Z Tatr Zachodnich podaje ten gatunek Sowa (1961). Z Europy znany tylko z Alp. Dotychczasowe dane dotyczące zoogeografii tego gatunku są bardzo nieliczne. Rauser (1962) zalicza *L. niveola* do ga-

tunków czysto alpejskich. Ze względu na brak formy imago w materiale, na którym opiera się obecna praca, jak również ze względu na brak dokładnego opisu larwy tego gatunku, zagadnienie występowania *L. niveola* na terenach pozaalpejskich nie zostało jeszcze ostatecznie rozwiązane.

Leuctra pseudosignifera Aubert 1954. Larwy tego gatunku napotkano dwukrotnie: w potoku Roztoka (Tatry Wysokie) i w potoku Siwa Woda (Tatry Zachodnie) na wysokościach: 1000 i 1200 m.

Z Tatr dotychczas nie podawany. Z Polski podaje go Sowa (1961) z potoku Wielka Puszcza. O występowaniu w Europie tego gatunku wiemy dotychczas niewiele. Prawdopodobnie jest to gatunek środkowo-europejski nie przekraczający na północ linii maksymalnego zasięgu lodowca. Imagines pojawiają się III — VI, larwy żyją w potokach i rzeczkach.

Leuctra rauscheri Aubert 1947. 1 samicę złowiono 10.VII nad potokiem Olczyskim (Tatry Zachodnie) na wys. ok. 1000 m.

Gatunek nowy dla Tatr, nowy dla Polski. Dotychczas odnaleziony w Pirenejach, Alpach, Sudetach, Karpatach, Czeskim Lesie, Beskidach, Rumunii i w Apeninach. Gatunek kontynentalno-europejski, występujący na południe od terenów zajętych podczas plejstocenu przez lądolód. Podawany był z wys. 550—2500 m, imagines pojawiają się od IV do VIII/IX. Ten gatunek występuje w wodach strefy katarobowej i oligosaprobowej.

Leuctra rosinae Kempny 1900. 1 samicę złowiono 7.VII w potoku Olczyskim (Tatry Zachodnie) na wys. ok. 1065 m, 3 larwy — 2.II w potoku Roztoka na wysokości ok. 1300 m. Poza Tatrami łowiono larwy tego gatunku w Bieszczadach, w potoku przepływającym koło wsi Cisna.

Z Tatr podają ten gatunek: Hrabe (1942), Obr (1955), Rauser (1956), Winkler (1957), Sowa (1961). Podawany z Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich. Z Polski poza Tatrami nie był podawany. W Europie gatunek ten występuje w Alpach (i na podnóżach Alp), w Sudetach i w Karpatach na wys. 800—2500 m. Imagines pojawiają się od V do VIII. Larwy występują w źródłach, potokach i jeziorach w strefie katarobowej i oligosaprobowej.

Rodzina: *Capniidae*

Capnia vidua vidua Klapalek 1904. Gatunek występujący bardzo nieznacznie (stanowi 1,3% okazów) i rzadko (w 3,4% prób). Larwy łowione w potokach, małych i dużych, wiosną (od I do V), w środowisku kamienistym. Zamieszkuje Tatry Wysokie i Zachodnie na wysokościach:

1005—1550 m. Imagines (samce, 4) łowiono 10.III.1963 w potoku Bystra na wysokości 1140 m. Złowione okazy mają budowę typową dla ssp. *vidua* (Aubert 1950); skrzydła I pary są znacznie skrócone (średnia długość — 1,7 mm). Aubert (1950) podaje, że długość skrzydeł I pary u samców pochodzących z Alp wynosiła 5—7 mm, podczas gdy u okazów tatrzańskich — 1,0—1,1 mm. *Capnia vidua* cytują z Tatr: Klapalek (1904), Hrabe (1942), Aubert (1950), Winkler (1957), Sowa (1962). Z Sudetów podaje go Schoenemund (1927). Aubert (1950) podaje, że *Capnia vidua vidua* występuje w Alpach szwajcarskich, Tyrolu północnym i górach Czechosłowacji, *C. vidua collarti* — na północy Europy środkowej i zachodniej, *C. vidua anglica* — w Wielkiej Brytanii. *Capnia vidua* jest więc gatunkiem brytyjsko-alpejskim, nie występuje w Skandynawii. Rozmieszczenie pionowe: 1250—2200 m. Imagines wylatują od III do VI. Larwy żyją w potokach i jeziorach gór średnich i wysokich.

Podrząd: *Setipalpia*

Rodzina: *Perlodidae*

Arcynopteryx compacta (Mc. Lachlan) 1872. Gatunek stwierdzony bardzo nielicznie — (1,7% złowionych okazów) i rzadko (w 2,8% pobranych prób). Występuje na wys. 971—1000 m w potokach Tatr Wysokich i Zachodnich. Imagines — 8.VIII.1954 i 7.VIII.1957 przy Źródle Lodowym w Dolinie Kościeliskiej. Z pobliskiego punktu — okolice Polany Pisanej — cytuje go Dziędzielewicz (1919—20).

Poza tym z Tatr podawany przez Klapalka (1904, 1904), Pongracza (1913, 1914), Schoenemunda (1930), Obra (1955), Winklera (1957) i Sowę (1962) z Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich. Gatunek wykazuje rozmieszczenie cyrkumpolarne. W Europie występuje w Pirenejach, w Alpach, w Karpatach i na północy, wykazując dysjunkcję borealno-alpejską. Imagines pojawiają się od VII do IX. W Europie środkowej larwy żyją w jeziorach wysokogórskich i ich odpływach, źródłach i źródłowych potoczkach. Na północy również i na nizinie.

Ubarwienie głowy i prothorax u znalezionych przeze mnie okazów jest nieco odmienne od podawanego przez Illiesa (1955) i Despaxa (1927). Jest ono nieznacznie zmienne u poszczególnych okazów. Płytką subgenitalną samicy jest zbudowana tak, jak podaje Brinck (1949). Ciemne plamy na 9 tergicie są przedłużone lateralnie i zachodzą na sternity. Skrzydła są silnie skrócone, zarówno u samców, jak i u samic.

Długość skrzydła I pary w mm

Moje okazy	Winkler (1957)	Brinck (1949)	Despax (1945)		
			„forma typica”	„forma media”	„forma major”
samiec 2,2–2,5	4,5–5,0	2,7–4,5	3,5	jak f. typica	f. macroptera (skrzydła nieskrócone)
samica 3,5–4,5	5,0–6,5	6,2–18,5	5,3	osiąga lub przekracza VI tergite	”

Według Picteta (1842), Risa (1902), Illiesa (1955) zjawisko skracania długości skrzydeł występuje przede wszystkim u samców. Badania Auberta (1956, 1962) wykazują jednak, że istnieją gatunki o skrzydłach, których długość jest silnie zredukowana również i u samic. Opisany przez niego gatunek *Leuctra ligurica* n.sp. znaleziony we Włoszech (Liguria) ma skrzydła rudymentarne u obu płci, a imagines, samce i samice andyjskiego gatunku *Andiperla willinki* n.sp. były bezskrzydłe. Są to jednak przypadki wyjątkowe, a gatunki silnie zlokalizowane. *Arcynopteryx compacta* według klasyfikacji podanej przez Brincka (1949) należy do gatunków polimorficznych, t.zn. o zmiennej długości skrzydeł. Brinck podaje, że u tego gatunku występują samce *microptera*, samice zaś *brachyptera-macroptera*. Wyniki pomiarów okazów złowionych nad Źródłem Lodowym wykazują, że samice tego gatunku występują również w postaci *microptera*. Jak wynika z pracy Despaxa (1945), Brincka (1949), oraz Frisona (1935), skracanie skrzydeł u różnych gatunków *Plecoptera* holarktycznych natęża się przy przesuwaniu ich występowania na północ, oraz ze wzrostem wysokości n.p.m. Despax znalazł „f. media”, o mniej skróconych skrzydłach około 350–800 m poniżej górnej granicy lasu, „forma typica” — w pobliżu górnej granicy lasu. Formy krótkoskrzydłe podawane przez Brincka pochodzą z terenów leżących powyżej granicy lasu, formy podawane przez Winklera pochodzą z wysokości 450–550 m powyżej granicy lasu. Okazy autora zostały złowione około 500 m poniżej górnej granicy lasu, jednak wykazują najsilniejszą redukcję skrzydeł ze wszystkich znalezisk dotychczasowych. Redukcja skrzydeł imagines spowodowana jest zapewne warunkami termicznymi panującymi w Źródle Lodowym. Wg Brincka (1949) formy krótkoskrzydłe powstają na skutek zmian genetycznych wywołanych działaniem ekstremalnych warunków, m.in. temperatury.

Temperatura wody Źródła Lodowego wynosi: wg Kowalskiego (1920) +4°C, wg Dudziaka (1954) +4,4°C — pomiary z sierpnia,

września i października. Według niepublikowanych danych Markiewicz i Rudnickiego przebieg zmian temperatury wody przedstawia się następująco: 25.XII.59 +4,7°C, 9.II.62 +4,6°C, 21.III.62 +4,6°C, 26.IV.62 +4,2°C, 10.VII.62 +2,8°C, 20.VII.62 +4,0°C, 7.VII.62 +4,8°C, 17.XI.62 +4,4°C. Wystąpienie najniższej temperatury wody (+2,8°C) 10.VII.62 r. wywołane zostało napływem wód z topiącego się śniegu w górnych partiach zlewni Źródła. Wystąpienie temperatury najwyższej (+4,8°C) 7.VIII.62 spowodowały ciepłe wody opadowe. Temperatura wody Źródła Lodowego wykazuje dużą stabilność, spowodowaną długą drogą podziemnego krążenia wody. Ekstremalne temperatury pobliskiego potoku Kościeliskiego stwierdzone przez Markiewicz i Rudnickiego wynoszą: potok na wysokości Krzyża Pola: 25.XII.59 +2,3°C, 7.VIII.62 +7,8°C, potok na wysokości Bramy Kraszewskiego: 21.III.62 +3,3°C, 7.VIII.62 +8,7°C. Również na tle innych źródeł krasowych Doliny Kościeliskiej temperatura wody Źródła Lodowego wykazuje wyrównany, niski poziom. Te skrajnie niskie i wyrównane warunki termiczne umożliwiają borealno-alpejskiemu gatunkowi *Arcynopteryx compacta* długoletnie izolowane utrzymywanie się na tak niskiej wysokości.

Diura bicaudata (Linné) 1758. Stwierdzony nielicznie (2,6% zebranych okazów), lecz często (w 9,7% prób), przeważnie występuje pojedynczo. Łowiony na całym badanym zasięgu wysokości: 900—1889 m, jednak 90% złowionych okazów tego gatunku grupuje się na wysokości ponad 1400 m. Larwy występują głównie w jeziorach, rzadziej w potokach, przeważnie w tych potokach, które są odpływem jezior, na podłożu kamienistym. Imagines łowiono od 18 do 28.VII, uzyskano jedynie samice, co wskazuje na końcowy okres wylotu. W Tatrach Zachodnich łowiono ten gatunek rzadko, głównie w Tatrach Wysokich, w położonej powyżej górnej granicy lasu Dolinie 5 Stawów Polskich oraz (rzadziej) w wypływającym z tej doliny potoku Roztoka. Z Tatr Bielskich, Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich podawali ten gatunek: Klapalek (1904), 1906), Pongracz (1913, 1914), Dziędzielewicz (1919—20), Balthasar (1938), Hrabe (1942), Obr (1955), Rauser (1956), Winkler (1957). Z Polski poza Tatrami znany z Sudetów (Tomaszewski — 1932). *Diura bicaudata* jest reliktem północnym o występowaniu cyrkumpolarnym: Europa środkowa, Anglia i Irlandia — w górach, Płw. Skandynawski i Syberia — w górach i na niżu. Na północy przekracza krąg polarny. Występuje także w Kanadzie i na północy USA. W Europie wykazuje rozprzestrzenienie boreo-alpejskie. W Europie środkowej występuje na wysokości 600—2154 m. Imagines pojawiają się od IV do VII. na północy Szwecji nawet w VIII. Larwy żyją

głównie w jeziorach wysokogórskich, pojedyncze w potokach. Gatunek strefy katarobowej.

Perlodes intricata (Pictet) 1842. Stwierdzony licznie (5,8% zebranych okazów) i bardzo często (w 13% prób), przeważnie występuje pojedynczo. Łowiony na wysokości 910—1700 m. Larwy napotkano wyłącznie w potokach, zarówno wielkich, jak i małych w Tatrach Wysokich i Zachodnich, zawsze na podłożu skalno-kamienistym. Imagines łowiono od 10.VII do 17.VIII. Jest to końcowy okres wylotu tego gatunku, w którym łowiono wyłącznie samice.

Gatunek znany z Tatr Wysokich, Tatr Zachodnich i z Niżnich Tatr (Winkler — 1957). Z Polski poza Tatrami podaje Schneider (1885) z okolic Wrocławia (to stanowisko ze względu na swój niżowy charakter jest wątpliwe). Znany w Europie środkowej oraz na Półwyspie Pirenejskim, Apenińskim i Bałkańskim. Ten europejski gatunek nie przekracza na północ granicy maksymalnego zasięgu lodowca. W Europie środkowej *P. intricata* spotykana była od 800 do 2500 m. Larwy żyją w szybko płynących górskich potokach.

Opis samicy. Długość ciała bez antennae i cerci — 20 mm. Głowa (rys. 1) z przodu jest zakończona tępo, z tyłu płaska. M-linia trapezowata. Żółta plama przed M-linią wyraźnie widoczna, w kształcie litery U. Przed każdym ramieniem M-linii znajduje się ciemny punkt. Między ocelli znajduje się owalna, żółta plama. Proksymalne jej ograniczenie stanowi linia widelcowata (gabellinie). Plama ta połączona jest z plamą leżącą pośrodku tylnej części głowy. Pomiedzy tą plamą a oczyma złożonymi ułożone są wzdłużnie zgrubienia. Ocelli: stosunek odległości między ocellus tylnym i przednim, do odległości między ocelli tylnymi, do odległości między ocellus tylnym i okiem złożonym wynosi 6 do 10, do 13.

Prothorax (rys. 1). Wzdłuż linii środkowej ułożona jest żółta plama, w przedniej części okrągła, połączona wąskim przesmykiem z częścią tylną. Z tyłu prothorax po bokach znajdują się dwie okrągłe żółte plamy. Na zewnątrz od środkowej żółtej plamy są widoczne liczne ciemne zgrubienia. Skrzydła (rys. 2). Długość skrzydeł I pary = 21,4 mm. Na zakończeniu skrzydeł I pary, w sector radii występuje siatka z nieregularnie ułożonych żyłek. Komórki tej siatki są ułożone w sposób bardzo zmienny: u niektórych osobników występuje ułożenie bardzo nieregularne, charakterystyczne dla *P. intricata*, u innych komórki układają się w 1—2 rzędy (jak u *P. microcephala* i *P. jurassica*) — p. rys. 2.

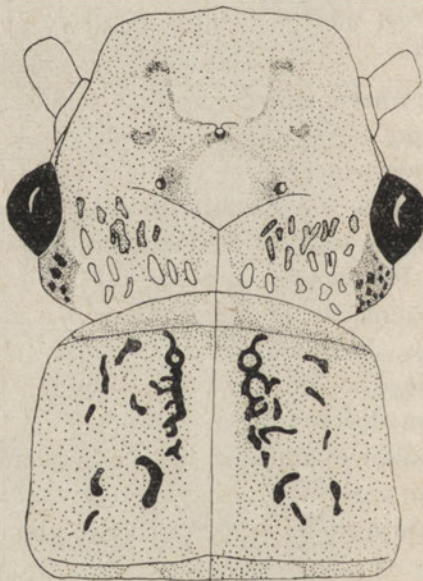
Abdomen. Tergity od I do IV są ciemnomiodowe. Dalsze tergity są koloru kasztanowego, z tyłu obramowane brunatno. Na tergitech 1—9 występują po 2 ciemniejsze plamki. 7—8 człony cerci tak długie, jak

szerokie. Płytką subgenitalną (rys. 3) zaokrągloną, sięga końca 9 sternitu. W środku tylnego brzegu płytki subgenitalnej znajduje się wcięcie.

Kształt żółtej plamy na pronotum i ułożenie żyłek w szczycie skrzydła zbliża opisane formy do *P. jurassica*. Różnią się one jednak od *P. jurassica* następującymi cechami: kształtem żółtej plamy na głowie przed M-linią, kształtem samej M-linii, stosunkiem długości do szerokości prothorax, kształtem płytki subgenitalnej.

Opis larwy.

Larwy *Perlodes intricata* wykazywały również pewne cechy zbliżające je do *P. jurassica*: clypeus przed M-linią, oraz labrum nieznacznie tylko jaśniejsze od reszty głowy, zaś plamki między ocellami tylnymi, a oczyma złożonymi są małe i niewyraźne. O przynależności tych larw do *P. intricata* decyduje jednak: a) trójkąt ocellarny o kącie wierzchołkowym ostrym, oraz b) obecność włosów na dorsalnej stronie thorax.



Rys. 1. *Perlodes intricata*. Głowa i pronotum



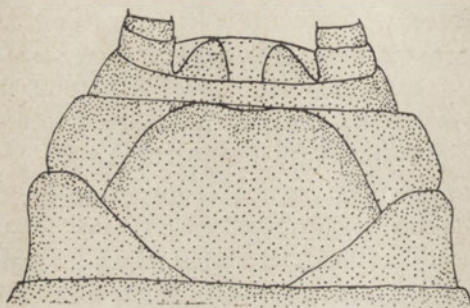
Rys. 2. *Perlodes intricata*. Prawe skrzydło I pary

Perlodes jurassica Aubert 1946. Złowiono dwie larwy w potokach: Olczyskim i Białym. Oba te potoki płyną głównie po podłożu osadowym, na którym ten gatunek szczególnie chętnie występuje. *P. jurassica* łowiono na wysokości: 950—1065 m. W Tatrach Wysokich nie napotkano tego gatunku. Winkler (1957) podaje ten gatunek z Tatr Wysokich z wys. 1000—1600 m. przypuszczam jednak, że chodzi tu o *P. intricata*. Oba

te gatunki wylatują w tym samym okresie czasu: V—VIII. *P. intricata* w moich materiałach pochodzących z Tatr wykazuje pewne podobieństwo do *P. jurassica*.

P. jurassica znany był dotychczas tylko z gór leżących u podnóża Alp (Jura, Plateau, Prealpes, Szwarzwald) z wys. 500—1000 m. Ten alpejsko-karpacki gatunek występuje w niższych partiach gór, powyżej 1000 m zastępuje go *Perlodes intricata*. *Perlodes jurassica* jest gatunkiem nowym dla Polski.

Perlodes microcephala (Pictet) 1842. 2 larwy złowiono 16.V. w potoku Białym (Tatry Zachodnie) na wys. 950 m.



Rys. 3. *Perlodes intricata* samica. Płytką subgenitalną

Z Tatr podawany przez Nowickiego (1867), Majewskiego (1882), Dziędzielewicza (1867, 1891, 1895), Mocsaży (1899), Pongracza (1914), Obra (1955), Winklera (1957), wyłącznie z Tatr Zachodnich i z Zakopanego. W Tatrach Wysokich prawdopodobnie nie występuje ze względu na zbyt wielkie wysokości. Z Polski poza Tatrami cytują go Schneider (1885), Schille (1902), Dziędzielewicz (1891, 1919—20), Pongracz (1919), Tomaszewski (1932) i Wojtas (1962) z Sudetów, okolic Wrocławia, Beskidu Zachodniego, okolic Krakowa i Łodzi. Gatunek występuje w całej Europie środkowej, Anglii, Irlandii, na Płw. Pirenejskim, Apenińskim, Bałkańskim, nie występuje w Skandynawii. W Europie środkowej występuje na wysokości 400—850 m, z czego wynika, że stanowisko z potoku Białego jest wyjątkowo wysoko położone. Imagines pojawiają się od III/IV do V. Larwy żyją w potokach i bystrych rzekach w środowisku kamienistym i zwirowym w strefie oligosaprobowej i niekiedy katarobowej.

Isoperla görtzi Illies 1952. W Tatrach stwierdzony bardzo nielicznie (0,7% zebranych okazów) i bardzo rzadko (w 2% pobranych prób). Spotykany w potokach na podłożu kamienistym. Nie przekracza wyso-

kości 1500 m. Imagines nie odszukano. Larwy w potokach Tatr Wysokich i Zachodnich.

Gatunek w Tatrach dotychczas nieznany. Z Polski podaje go Sowa (1961) z potoku Wielka Puszcza. Znany z Czech, Niemiec, Francji, z gór średniej wielkości na północ od Alp (Harc, Schwarzwald, Wogezy) oraz z Ardennów. Jest to gatunek Europy kontynentalnej, nie przekracza na północ granicy maksymalnego zasięgu lodowca. Imagines pojawiają się od V do VI, larwy żyją w potokach górskich i w źródłach.

Isoperla grammatica (Poda) 1761. Stwierdzony bardzo nielicznie (1,2% zebranych okazów) i rzadko (w 3,4% pobranych prób). Spotykany wyłącznie poniżej 1200 m w wielkich potokach i małych strumieniach Tatr Wysokich i Zachodnich w środowisku kamienistym.

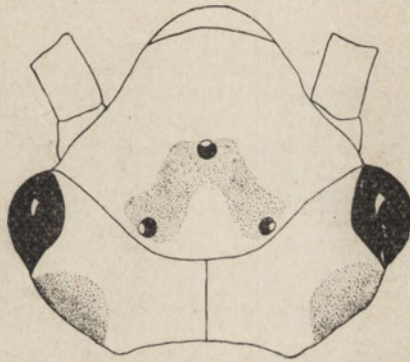
Z Tatr cytuje ten gatunek Dzieńdzielewicz (1867, 1891, 1895, 1919—20), Nowicki (1867), Majewski (1882, 1885), Mocsały (1899), Klapalek (1904), Schoenemund (1930), Balthasar (1938), Winkler (1957) z Tatr Bielskich, Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich, zarówno z partii wysokich (potok Batyżowiecki, potok Lodowy) jak i niskich (Zakopane, jezioro Szczyrbskie). Z Polski poza Tatrami podaje go Pongracz (1919), Schneider (1885), Dzieńdzielewicz (1891, 1911), Schille (1902), Enderlein (1908), Tomaszewski (1932) i Wojtas (1962) z Pojezierza Pomorskiego, Beskidu Zachodniego, Sudetów, okolic Wrocławia, Głogowa i Łodzi. Gatunek ten jest bardzo licznie i często spotykany w całej Europie środkowej, całej Skandynawii (łącznie z regionem arktycznym), Anglii, Irlandii, na Płw. Pirenejskim, Apenińskim, Sycylii, Korsyce, Płw. Bałkańskim. Znany z Turkiestanu. W Europie środkowej występuje na wysokości 375—1250 m. Imagines pojawiają się od VI do VIII. Larwy żyją w nizinnych rzekach i potokach gór średnich, we wszystkich biotopach. *I. grammatica* głównie występujący w strefie beta-mezosaprobowej, często przechodzi do oligosaprobowej, nierzadko spotyka go się w strefie alfa-mezosaprobowej.

Isoperla obscura (Zetterstedt) 1840. W Tatrach stwierdzony dwukrotnie: w potoku Roztoka (2 larwy) i w potoku Olczyskim (1 larwa) na wys. około 1150 i 1000 m. W małych potoczkach nie łowiony. Tatry Zachodnie i Wysokie.

Z Tatr podawany jest przez Dzieńdzielewicza (1867, 1891, 1895, 1919—20), Nowickiego (1867) i Majewskiego (1882, 1885). Z Polski poza Tatrami podaje go Pongracz (1919) z gór Świętokrzyskich, Sowa (1961) z rzeki Bajerka i Wojtas (1962) z rzeki Widawki i Warty. *I. obscura* występuje w Europie środkowej, w Skandynawii, Anglii i na Półwyspie Apenińskim. Występuje w górach średnich

i w górach na wysokościach 250—1300 m. Imagines pojawiają się od VI do VIII, a w górach regionu arktycznego nawet w IX. Jest to gatunek o dużym zasięgu geograficznym, lecz rzadki, zasadniczo występuje w większych rzekach, przenika też do potoków górskich i jezior.

Isoperla sudetica (Kolenati) 1859. W Tatrach stwierdzony licznie (10% zebranych okazów) i bardzo często (w 20% pobranych prób). Występuje na wysokości 1000—1700 m. Larwy żyją w potokach zarówno dużych, jak i małych strumykach, zawsze na podłożu skalno-kamienistym. Wyloty imagines obserwowano od 5.VII do 12.X, maximum występowania samców miało miejsce w lipcu, samice zaś w sierpniu. W Tatrach Wysokich i Zachodnich był on najliczniej spotykanym gatunkiem *Plecoptera*.



Rys. 4. *Isoperla sudetica*. Głowa

Podawany z Tatr Wysokich, Tatr Zachodnich i Niskich Tatr przez Schoenemunda (1930), O bra (1955), Winklera (1957). Z Polski poza Tatrami podają go Majewski (1885) i Dziedzielewicz (1895, 1911): góra Pradziad na Śląsku i Zawoja. Jest to endemit sudecko-karpacki, znany z Polski, Czechosłowacji, Niemiec i ZSRR (Karpaty Wschodnie) z wysokości 650—1800 m. Imagines pojawiają się od VII do X, larwy żyją w górskich potokach. Jest to gatunek reobiontyczny, stenoterm wód zimnych, występuje w strefie katarobowej i oligosaprobowej w stosunku 3:1 (O b r — 1956).

Znajdowane okazy różniły się nieco od opisu podanego przez Illiesa (1955):

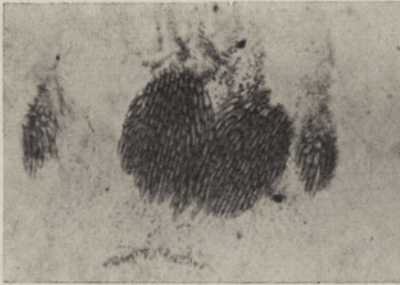
a) Ubarwienie głowy wyraźnie jak u *I. grammatica*, nie zaś, jak podaje opis — przejściowe między typem *I. grammatica* a *I. difformis* (rys. 4).

b) Łuski pola środkowego (nieparzystego) titillatorium samców są szersze w stosunku do długości, niż to wynika z opisu Illiesa — (rys. 5 i 6).

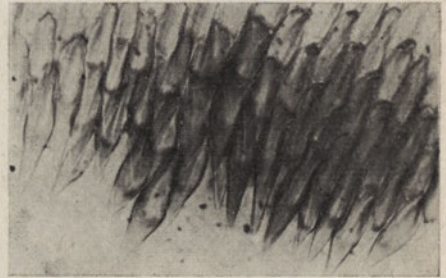
Rodzina: *Perlidae*

Dinocras cephalotes (Curtis) 1827. 10 larw tego gatunku złowiono 1.III w potoku Roztoka poniżej ujścia potoku z Wielkiego Stawu (wys. 1664 m — Tatry Wysokie). 1 samiec — 10.VII nad potokiem Olczyskim (wys. ok. 1000 m — Tatry Zachodnie).

Z Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich podaje go Nowicki (1867), Dziędziewicz (1867, 1891, 1895, 1919—20), Schoenemund (1930), Hrabe (1942), Winkler (1957). Z Polski poza Tatrami znany z Sudetów i Babiej Góry (Schneider — 1885, Dziędziewicz — 1911, 1919—20 i Tomaszewski — 1932). Gatunek ten jest pospolity w całej Europie środkowej, w całej Skandynawii aż po krąg polarny, Anglii, Irlandii, jak również na Półwyspie Pirenejskim



Rys. 5. *Isoperla sudetica* samiec. Titillatorium



Rys. 6. *Isoperla sudetica* samiec. Łuski pola środkowego titillatorium

i Apenińskim. Górna granica występowania *Dinocras cephalotes* leży w Alpach na wys. 1000—1200 m, w Pirenejach — 2300 m, w Sierra Nevada — 2500 m (Aubert — 1954). W Tatrach górna granica występowania tego gatunku leży wyżej, niż można byłoby oczekiwać z powyższego zestawienia: znalezisko autora leży na wys. 1664 m, Winkler (1957) znalazł ten gatunek na wys. 1670 m. Imagines pojawiają się od V do VIII, larwy żyją w rzekach i w potokach, wysoko w górach i na północy penetrują w jeziora. Strefa katarobowa, oligosaprobowa i beta-mezosaprobowa.

Perla bipunctata Pictet 1833. 1 samiec złowiony 14.VIII nad dopływem Roztoki na wys. 1021 m (Tatry Wysokie).

Gatunek ten z Tatr podawany był przez Dziędziewicza (1867), Nowickiego (1865), Majewskiego (1882, 1885). Z Polski poza Tatrami podaje go Sowa (1961) z rzeki Bajerki. Gatunek występuje w Europie środkowej, Anglii Pirenejach i na półwyspie Apenińskim. Aubert (1956, 1960) podaje go z Afryki z gór Atlasu.

P. bipunctata jest gatunkiem europejsko-brytyjskim, w Europie nie przekraczającym na północ linii maksymalnego zasięgu lodowca. Głównie znany z wysokości 500—1000 m. Imagines wylatują od V do VII, larwy żyją w potokach i rzekach.

Perla marginata (Panzer) 1799. 1 samiec tego gatunku był złowiony 8.VII w Zakopanem nad potokiem Bystra.

Podawany przez Dzieńdzielewicza (1867, 1891, 1895), Majewskiego (1885), Nowickiego (1867), Minkiewicza (1914), Pongracza (1914), Schoenemunda (1930), Balthasara (1938), Obr (1955) i Winklera (1957) z Tatr Bielskich, Tatr Wysokich, Tatr Zachodnich i Tatr Zachodnich Orawskich. Z Polski poza Tatrami podają go: Dzieńdzielewicz (1867, 1891, 1911, 1919—20), Majewski (1882), Schneider (1885), Pongracz (1919), Tomaszewski (1932), z Sudetów, Pienin i Beskidu Zachodniego. Gatunek Europy środkowej i południowej (płw. Pirenejski, Apeniński i Bałkański). Według Auberta (1956) pospolity w Afryce Północnej. *P. marginata* rozprzestrzeniona jest w Europie na południe od linii maksymalnego zasięgu lodowca. W Europie środkowej występuje poniżej 1000 m. Imagines pojawia się od V do VIII. Larwy żyją w potokach i górnych biegach rzek, głównie w strefie oligosaprobowej, pojedyncze wnikają do strefy katarobowej i beta-mezosaprobowej.

Perla maxima (Scopoli) 1763. 1 larwę tego gatunku złowiono 11.X w potoku Roztoka na wys. ok. 1100 m.

Z Tatr podają ten gatunek: Pongracz (1914), Balthasar (1938), Obr (1955), Winkler (1957), z Tatr Bielskich, Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich Orawskich. Z Polski poza Tatrami cytują go Majewski (1882, 1885), Schille (1902), Dzieńdzielewicz (1891, 1911, 1919—20), Pongracz (1919) i Sowa (1962), z Beskidów Zachodnich, okolic Biłgoraju, Zamościa i Lublina. Występuje w Europie środkowej na południe od granicy maksymalnego zasięgu lodowca i w Europie południowej (płw. Pirenejski, Apeniński, Sycylia). W Europie środkowej występuje na wysokości 375—1800 m. Imagines pojawiają się od V do VII. Larwy żyją w dużych potokach i szybko płynących rzekach w strefie oligosaprobowej, czasem penetrując do katarobowej.

Marthamea vitripennis (Pictet) 1841. 1 samicę złowiono 22.VII nad potokiem wpływającym do Wielkiego Stawu w Dolinie Pięciu Stawów Polskich na wys. ok. 1670 m (Tatry Wysokie), 1 samicę nad potokiem Olczyskim 23.VII na wys. ok. 1000 m (Tatry Zachodnie).

Gatunek z Tatr nie był podawany. Z Polski podają go Schneider (1885), Le Roi (1912), Dziędzielewicz (1919—20) i Wojtas (1962) z okolic Głogowa, Wrocławia, Krakowa i Łodzi. Jest to gatunek zachodnio-wschodni. Znany z Europy środkowej, płw. Pirenejskiego i Bałkańskiego, ponadto z Syrii. Dotychczas podawany z nizin. Imagines pojawiają się od V do VII. Larwy zazwyczaj żyją w dużych rzekach.

Rodzina: *Chloroperlidae*

Chloroperla neglecta (Rostock) 1881. Złowiono 1 samca i 1 samicę nad potoczkiem Swińskim (dopływ potoku Olczyskiego — Tatry Zachodnie) na wys. ok. 1000 m.

Z Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich podaje ten gatunek Winkler (1957). Z Polski podaje go Dziędzielewicz (1911) z rejonu Babiej Góry. Znany z Sudetów, Karpat i niemieckiego pogórza — Rudawy, z wys. 600—1100 m. Imagines wylatują od IV do VIII. Jest to gatunek rzadko spotykany.

Chloroperla tripunctata (Scopoli) 1763. Gatunek stwierdzony nielicznie (3,1% zebranych okazów), lecz dość często (8,5% zebranych prób). Łowiony na wysokości 950—1700 m. Imagines łowiono od 7.VII do 20.VIII. 92% okazów tego gatunku pochodzi z dużych potoków. W Tatrach Wysokich i Zachodnich.

Podawany z Tatr Bielskich i Tatr Zachodnich przez Dziędzielewicza (1895), Podgracza (1914), Balthasara (1939), Winklera (1957). Z Polski poza Tatrami podaje go Dziędzielewicz (1911) z Zawoi, Pongracz (1919) z Lublina i Sowa (1961) z rzeki Bajerka. Gatunek występuje w całej Europie środkowej, Anglii, Irlandii, Półwyspie Pirenejskim, Apenińskim, Bałkańskim, wszędzie jest pospolity. Ten europejsko-brytyjski gatunek przekracza na północ granicę maksymalnego zasięgu łądolodu tylko na terenie wysp brytyjskich. Pionowe rozprzestrzenienie *C. tripunctata* jest zawarte między 55 a 2000 m. Imagines wylatują od V do IX. Larwy żyją w potokach i podgórskich rzeczkach.

Uwagi zoogeograficzne

W wyniku badań znaleziono 43 gatunki *Plecoptera* występujące w Tatrach. Według Auberta (1958) 43 gatunki — to liczba przeciętna dla europejskiego masywu górskiego. Aubert podaje: 47 gatunków z Masywu Centralnego, 45 gatunków z gór Kalabrii, 39 gatunków z gór Kantabryjskich, 38 gatunków ze Szwajcarskiego Parku Narodowego. Spośród zebranych gatunków stwierdzono 8 form nowych dla fauny Tatr: *Pro-*

tonemura montana, *Protonemura praecox*, *Nemoura mortoni*, *Leuctra pseudosignifera*, *Leuctra braueri*, *Leuctra rauscheri*, *Isoperla oxylepis* i *Marthamea vitripennis*. Stwierdzono także 6 gatunków nie podawanych dotychczas z terenów Polski. Są to: *Protonemura brevistyla*, *Protonemura montana*, *Protonemura nimborum*, *Amphinemura standfussi*, *Leuctra rauscheri* i *Perlodes jurassica*.

Zagadnienie geograficznego rozmieszczenia *Plecoptera* porusza Thiemann (1950). Szczegółowych opracowań zoogeografii niektórych rodzajów i gatunków dokonali Illies i Rauser. Brak jednak dotychczas ujednoczonego podziału na ugrupowania zoogeograficzne, obejmującego wszystkie gatunki *Plecoptera* Europy. Brak ten jest spowodowany niezupełnym i niejednorodnym stanem poznania europejskich widelnic. Poniżej podano próbę zoogeograficznej klasyfikacji gatunków *Plecoptera* stwierdzonych w toku obecnych badań w Tatrach.

1. Gatunki rozprzestrzenione w całej Europie, eurytopowe: *Protonemura meyeri*, *Amphinemura sulcicollis*, *Nemoura cinerea*, *Nemurella picteti*, *Leuctra nigra*, *Isoperla grammatica*, *Isoperla obscura*, *Dinocras cephalotes*.

2. Gatunek występujący w całej Europie z wyjątkiem półwyspów południowych: *Amphinemura standfussi*.

3. Gatunki występujące w Europie środkowej na południe od granicy maksymalnego zasięgu lodowca, oraz w Europie południowej: *Brachyptera seticornis*, *Protonemura intricata*, *Protonemura nitida*, *Leuctra braueri*, *Leuctra handlirschi*, *Leuctra major*, *Leuctra rauscheri*, *Perlodes intricata*, *Perla marginata*, *Perla maxima*.

4. Gatunki Europy kontynentalnej nie przekraczające na północ linii maksymalnego zasięgu lodowca: *Protonemura auberti*, *Protonemura nimborum*, *Leuctra pseudosignifera*, *Isoperla görtzi*.

5. Gatunek kontynentalno-europejski, przekraczający na północ linię maksymalnego zasięgu lodowca: *Nemoura marginata*.

6. Gatunki europejsko-brytyjskie. Do tego ugrupowania zaliczą się 8 gatunków, zróżnicowanych na dwie podgrupy: a) Formy, które linię maksymalnego zasięgu lodowca przekraczają na północ tylko na Wyspach Brytyjskich, a na kontynencie europejskim występują tylko na południe od tej linii: *Protonemura montana*, *Protonemura praecox*, *Leuctra inermis*, *Perla bipunctata*, *Chloroperla tripunctata*. b) Formy, które przekraczają na północ linię maksymalnego zasięgu lodowca również i na kontynencie europejskim: *Rhabdiopteryx neglecta*, *Capnia vidua*, *Perlodes microcephala*.

7. Gatunki boreo-alpejskie: *Arcynopteryx compacta* i *Diura bicaudata*.

8. Gatunek zachodnio-wschodni (wg definicji Illiesa — 1955): *Marthamea vitripennis*.

9. Gatunki karpacko-alpejskie: *Protonemura brevistyla*, *Nemoura mortoni*, *Leuctra armata*, *Leuctra rosinae*, *Perlodes jurassica*.

10. Endemity sudecko-karpackie: *Isoperla sudetica*, *Chloroperla neglecta*.

11. Zdefiniowanie rozprzestrzenienia geograficznego *Leuctra niveola* nie jest na razie możliwe.

Uwagi ekologiczne

Wśród pobranych larw *Plecoptera*, *Ephemeroptera* i *Trichoptera*, *Plecoptera* stanowiły 35%. Według badań Paschalskiego (1959) stanowiły one 4,9% całkowitej ilości pokarmu pobranego przez głowacza przegopłętowego (*Cottus poecilopus Heckel*) i występowały w 48% zbadanych przewodów pokarmowych. Paschalski podkreśla, że istnieje zbieżność pokarmowa ryb tego gatunku z ważnym dla człowieka zespołem ryb łososiowatych (*Salmonidae*). *Plecoptera* są więc ważnym składnikiem makrofauny potoków i stanowią ważną rolę w łańcuchach odżywczych środowiska potokowego.

Fauna potoków Tatr Zachodnich jest bardziej zróżnicowana gatunkowo, lecz mniej obfita ilościowo niż fauna potoków Tatr Wysokich:

Rejon badań	Przeciętna liczba gatunków w 1 potoku		Przeciętna liczba okazów na 1 m ² dna	
	<i>Plecoptera</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Plecoptera</i>	<i>Ephemeroptera</i>
Potoki Tatr Zachodnich	5,1	3,4	472	33
Potoki Tatr Wysokich	3,3	2,5	599	66

Występowanie większej ilości gatunków w potokach Tatr Zachodnich w porównaniu z potokami Tatr Wysokich wiąże się z jakością podłoża, hydrograficznie potoki obu części Tatr są do siebie podobne. Potoki Tatr Wysokich płyną w głównej mierze po podłożu krystalicznym, Tatr Zachodnich — osadowym. Z jakością podłoża wiąże się stopień zbuforowania wód. Z pracy Paschalskiego (1963) wynika, że stopień zbuforowania wód potoków tatrzańskich wzrasta w kierunku zachodnim i w dół potoków.

Wydaje się, że wpływ zbuforowania wody na faunę potoków tatrzańskich może być dwójakiego rodzaju:

1. Ochrona przed nagłymi zmianami odczynu.

2. Zbuforowanie w potokach tatrzańskich jest wywołane głównie przez sole Ca. Według Gessnera (1959) bardzo niskie zawartości wapnia

są czynnikiem ograniczającym wegetację hydrofityczną poprzez wykluczenie licznych gatunków roślin nie rozwijających się w tych warunkach. Stopień zbuforowania wpływa więc głównie na rozmieszczenie organizmów roślinożernych. Według danych niniejszej pracy, oraz według danych dawniejszych autorów, występowanie w Tatrach gatunków: *Protonemura meyeri*, *Nemoura marginata*, *Leuctra braueri* i *Leuctra rauscheri* ogranicza się do Tatr Zachodnich. Wszystkie te gatunki są roślinożerne. Jednakże, jak wspomniano w przypadku *P. meyeri*, czynnikiem ograniczającym może być również wysokość n.p.m. Według K e n d e i g h (1961) potoki o wodzie twardej przeważnie mają faunę liczniejszą i bardziej zróżnicowaną, niż potoki o wodzie miękkiej.

Występowanie ilości osobników na jednostkę powierzchni dna związane jest również z geologicznym składem podłoża. Dno potoków Tatr Wysokich stanowi twarda skała krystaliczna, Zachodnich natomiast — miękka, osadowa. Jak wykazano w poprzedniej pracy (K a m l e r 1962), środowisko żwirowe potoków Tatr Wysokich utworzone jest przede wszystkim ze żwiru gruboziarnistego, Zachodnich — drobnoziarnistego. Wykazano również, że żwir gruboziarnisty jest liczniej zamieszkiwany przez organizmy potokowe, niż drobnoziarnisty.

Występujące w Tatrach gatunki należące do rzędów *Plecoptera* i *Ephemeroptera* są gatunkami wód płynących. Z wyjątkiem niżowego gatunku *Cloëon dipterum* (*Ephemeroptera*) nie spotykano gatunków występujących wyłącznie w wodach stojących. W jeziorach występują nieliczne gatunki, reprezentowane również w potokach. W drobnych zbiornikach widelnic i jętek nie stwierdzono. Średnia liczba gatunków przypadających na jeden potok wynosi: *Plecoptera* — 4,1, *Ephemeroptera* — 3 gatunki. W jeziorach stwierdzono: *Plecoptera* — przeciętnie 1,4 gatunki, *Ephemeroptera* — 0,6. *Trichoptera* natomiast są licznie reprezentowane w wodach stojących. R i e d e l (1962) podaje, że gatunki występujące wyłącznie w jeziorach i drobnych zbiornikach stanowią 45% fauny *Trichoptera* tatrzańskich.

Spośród *Plecoptera* znalezionych w Tatrach najliczniejszą grupę gatunków stanowią formy podawane przez autorów z dużych i małych potoków górskich, źródeł oraz wysokogórskich jezior. Należą tu: *Protonemura auberti*, *Nemurella picteti*, *Leuctra armata*, *Leuctra handlirschi*, *Leuctra nigra*, *Leuctra rosinae* i *Arcynopteryx compacta*. Formy te, z wyjątkiem *Arcynopteryx compacta* należą do roślinożernych (*Filipalpia*) i stanowią ok. 15% zebranych okazów.

Równie liczna jest grupa form, które dotychczas znane są wyłącznie z górskich potoków małych i dużych. Należą do niej: *Protonemura*

montana, *Protonemura nimborum*, *Leuctra niveola*, *Leuctra rauscheri*, *Perlodes intricata*, *Isoperla sudetica* i *Chloroperla neglecta*. Formy te stanowią ok. 30% zebranych w badaniach jakościowych okazów.

Sześć gatunków znane jest z dużych potoków i rzek: *Rhabdiopteryx neglecta*, *Protonemura praecox*, *Perla bipunctata*, *Perla marginata*, *Perla maxima* i *Marthamea vitripennis*. Są to, przeważnie formy duże, należące do drapieżnych (*Setipalpia*), bardzo nielicznie reprezentowane ilościowo, łącznie stanowią w przybliżeniu 1% złowionych okazów.

Fauna dużych potoków jest bardziej zróżnicowana i obfitsza, niż fauna ich dopływów — małych potoków.

	Liczba gatunków w 1 potoku		Liczba osobników/m ²	
	<i>Plecoptera</i>	<i>Ephemeroptera</i> ¹	<i>Plecoptera</i>	<i>Ephemeroptera</i>
Olczyński	22,0	5,0	1427	62
dopływy Olczyskiego	5,8	3,6	126	22
Roztoka	21,0	7,0	843	107
dopływy Roztoki	2,5	2,6	357	46

Przyczyną takiego stanu są odmienne warunki panujące w obu typach potoków:

1. Fauna zasiedlająca wielkie potoki dysponuje większą przestrzenią i większym zróżnicowaniem środowiskowym.

2. Znajduje ona tam większe zasoby pokarmowe. *Plecoptera* żywią się:

a. Perifitonem. Jego bujniejszemu rozwojowi sprzyja niewysychające łóżysko wielkich potoków.

b. Mchem. Podobnie, jak perifiton, mech bujniej rozrasta się w potokach niewysychających.

c. Detrytusem. Wielkie potoki, mając mniejszy spadek, niż ich dopływy, częściej wytwarzają środowiska stagnujące, w których kumuluje się detrytus.

d. Innymi organizmami, a zwłaszcza larwami *Plecoptera*, *Ephemeroptera*, *Trichoptera* i *Chironomidae*. Badania Kamler i Riedel nad tatrzańskimi *Ephemeroptera* i *Trichoptera* wykazały, że i one również liczniej występują w potokach wielkich. *Ephemeroptera* żywią się perifitonem, mchem i detrytusem.

3. W dużych potokach panują bardziej stabilne warunki: przepływu wody, szybkości prądu, ukształtowania dna, temperatury wody.

Według badań Kamler i Riedel (1960) środowisko kamieniste i mchowe występuje we wszystkich potokach zarówno wielkich, jak

¹ Dane o *Ephemeroptera* pochodzą z pracy Kamler (1962).

i małych. W wielkich potokach tworzy się ponadto środowisko żwirowe — żwir kumulowany jest przez wodę na odcinkach o słabszym prądzie. W całkowicie bezprądowych miejscach dużych potoków tworzy się środowisko zastoiskowe o dnie głównie mulisto-detrytusowym. W potokach małych dwa ostatnie środowiska mają swój odpowiednik w głębozczkach. Tu prąd jest słaby, dno pokryte jest żwirem, mułem i detrytusem. Najbogatsza fauna *Plecoptera* zamieszkuje środowisko mchowe: 2048 larw/m². W środowisku zastoisk — 451 larw/m², żwirowym — 387, głębozczków — 112, w środowisku kamienistym — 118. Najliczniej zamieszkują *Plecoptera* środowiska obfitujące w pokarm i zasłonięte od szybkiego prądu.

W naszej strefie klimatycznej głównym terenem występowania *Plecoptera* są tereny leżące na pograniczu strefy gór średnich i gór wysokich (według klasyfikacji R a u s e r a). Spośród *Plecoptera* stwierdzonych w Tatrach w toku niniejszych badań 1 gatunek znany był dotychczas w Europie środkowej tylko z niziny, 1 gatunek z niżu, gór niskich i z gór średnich, 5 gatunków łowiono we wszystkich strefach wysokościowych, od niżu do gór wysokich, 8 gatunków notowano z gór niskich i średnich, 15 gatunków z gór niskich, średnich i wysokich, oraz 12 gatunków z gór średnich i wysokich. Na południu Europy większa jest ilość gatunków występujących w górach wysokich, na północy Europy te same gatunki zamieszkują obszary niżej położone. Występowanie pionowe *Plecoptera* nie jest uzależnione od bezwzględnej wzniesienia nad poziomem morza, a tylko od całokształtu warunków klimatycznych, których wskaźnikiem może być wysokość, na jakiej znajduje się górna granica lasu.

Rozmieszczenie wysokościowe *Plecoptera* stwierdzonych w Tatrach przedstawia się w sposób następujący:

Wysokość m	Liczba złowionych gatunków	Wysokość m	Liczba złowionych gatunków
800—900	1	1400—1500	20
900—1000	19	1500—1600	18
1000—1100	33	1600—1700	14
1100—1200	28	1700—1800	3
1200—1300	24	1800—1900	3
1300—1400	22	1900—2000	1

Na wysokości 800—900 m u podnóża Tatr z pewnością zamieszkują jeszcze inne gatunki *Plecoptera*, obserwacji jednak głównie poddany został teren leżący powyżej 900 m.

Ilościowe występowanie *Plecoptera* wykazuje również redukcję na wyższych wysokościach. Porównując ilość larw/m² zasiedlających potok

Roztoka poniżej górnej granicy lasu (1021—1380 m) i powyżej (1380—1664 m), stwierdzono, że ich stosunek wynosi 3:1.

Charakterystycznie przedstawia się saprobowość *Plecoptera* tatrzańskich. Na 40 ogółem złowionych gatunków:

- 2 — gatunki występują wyłącznie w strefie katarobowej,
- 13 — w strefie katarobowej i oligosaprobowej,
- 4 — w strefie katarobowej, oligosaprobowej i beta-mezosaprobowej,
- 3 — w strefie oligosaprobowej,
- 2 — w strefie oligosaprobowej i beta-mezosaprobowej,
- 1 — w strefie oligo, beta-mezo i alfa-mezosaprobowej, dla 18 gatunków nie określono dotychczas preferencji do określonego stopnia saprobowości,

PIŚMIENICTWO — ЛИТЕРАТУРА — BIBLIOGRAPHY

1. Aubert J. 1946. Les Plécoptères de la Suisse Romande. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 20, 7—128.
2. Aubert J. 1949. La répartition des Plécoptères dans le monde. XIII Congrès International de Zoologie, 7 Section, communications, Paris 468—469.
3. Aubert J. 1949. Plécoptères helvétiques. Notes faunistiques et zoogeographiques. Bull. Soc. vaudoise Sc. nat., 64, 321—360.
4. Aubert J. 1950. Note sur les Plécoptères européens du genre *Taeniopteryx* Pictet (*Nephelopteryx* Klapalek) et sur *Capnia vidua* Klapalek. Mitt. Schw. Ent. Ges. 23, 303—316.
5. Aubert J. 1954. *Nemoura brevistyla* Ris et *Nemoura nitida* (Pictet) Ris (*Plecoptera*, *Nemouridae*). Mitt. Schw. Ent. Ges. XXVII, 280.
6. Aubert J. 1956. Le premier Symposium européen sur les Plécoptères. Ibidem. XXIX.
7. Aubert J. 1956. Plécoptères des Monts Sibillins. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale Verona, V, 89—91.
8. Aubert J. 1956. *Andiperla willinki* n.sp. Plécoptère nouveau des Andes de Patagonie. Mitt. Schw. Ent. Ges. XXIX, 229—232.
9. Aubert J. 1956. Contribution à l'étude des Plécoptères de Belgique. Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. XXXII, 1—12.
10. Aubert J. 1956. Contribution à l'étude des Plécoptères d'Afrique du Nord. Mitt. Schw. Ent. Ges. XXIX, 419—435.
11. Aubert J. 1956. Contribution à l'étude des Plécoptères de Grèce. Ibidem. XXIX, 187—213.
12. Aubert J. 1956. Contribution à l'étude des Plécoptères d'Espagne. Mémoires de la Société Vaudoise des Sc. nat. II, fasc. 5, 14—296.
13. Aubert J. 1957. Quelques Plécoptères récoltés en Sicile. Mitt. Schw. Ent. Ges. XXX, 175—177.
14. Aubert J. 1958. Les Plécoptères de Calabre (Italie méridionale) Annuario Inst. e Mus. di Zoologia Univ. di Napoli. X, 1—51.
15. Aubert J. 1960. Contribution à l'étude des Plécoptères du Maroc. Mitt. Schw. Ent. Ges. XXXIII, 213—222.

16. Aubert J. 1962. Quelques *Leuctra* nouvelles pour l'Europe (*Plécoptères Leuctridae*). Ibidem XXXV, 155—169.
17. Baddock R. M. 1954. Studies of the Benthic fauna in tributaries of the Kävlinge River, Southern Sweden. Ann. Rep. nr. 35. Inst. Freshwat. Res. Drott. 1—21.
18. Balthasar V. 1936. Limnologické vyzkumy v slovenských vodach. Prace uc. spol. Safarikovy. Bratislava. sv. 19, 1—75.
19. Balthasar V. 1938. Dalsi prispevek k entomologicckemu vyzkumu Slovenska. Entomol. Listy I, 121—128.
20. Bertrand H., Aubert J. 1952. Récoltes de Plécoptères dans les Pyrénées. Ann. Soc. Ent. France, 121, 93—106.
21. Bertrand H., Aubert J. 1955. Récoltes de Plécoptères dans les Pyrénées (note complémentaire) Bulletin de la Soc. Ent. de France, 60, 146—149.
22. Brinck P. 1949. Studies on swedish Stoneflies (*Plecoptera*). Op. Ent. supplementum XI.
23. Demel K. 1923. Notatki faunistyczne: 3. Materiały do poznania fauny rzeki Czarnej Hańczy. Sprawozdania Stacji Hydrologicznej na Wigrach, I, 133—137.
24. Demel K. 1923. Ugrupowania etologiczne makrofauny w strefie litoralnej jeziora Wigierskiego. Prace Inst. M. Nenckiego, Stacja Hydrob. na Wigrach 2, 1—50.
25. Despax R. 1927. *Arcynopteryx pyrenaica*, plécoptère nouveau des Pyrénées Françaises. Soc. Hist. Nat. Toulouse LVI, 491—495.
26. Despax R. 1933. Plécoptères d'Auvergne. Soc. Ent. France Bul. 38, 239—245.
27. Despax R. 1945. Plécoptères pyrénéens X. Le problème des *Arcynopteryx*. Klap. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse LXXX, 58—64.
28. Dudziak J. 1954. Obserwacje nad występowaniem i ekologią wypławka alpejskiego w Tatrach Zachodnich. Pol. Arch. Hydrobiol. III (XVI), 11—42.
29. Dziędzielewicz J. 1867. Wykaz owadów siatkoskrzydłych. Spr. K. Fzj. I, 158—165.
30. Dziędzielewicz J. 1891. Przegląd fauny krajowej owadów siatkoskrzydłych. Spr. K. Fizj. 26, 26—151.
31. Dziędzielewicz J. 1895. Zestawienie zapisków o owadach siatkoskrzydłych w Tatrach podczas pobytu w latach 1891 i 1892. Spr. Kom. Fizj. 30, 1—30.
32. Dziędzielewicz J. 1911. Owady siatkoskrzydłe (*Neuropteroidea*), zebrane w Zachodnich Karpatach w r. 1909. Spr. K.F.A.U. 45, 39—44.
33. Dziędzielewicz J. 1919—20. Owady siatkoskrzydłe ziem Polski. Rozpr. i Wiad. Muz. Dzied. 4, 92—101.
34. Eidel K. 1955. Die Plecopteren des Schwarzwaldes. Arch. f. Hydrobiol. Suppl. XXII, 65—89.
35. Frison T. H. 1935. The stoneflies or Plecoptera of Illinois. Bull. Ill. Nat. Hist. Surv. 20, 281—371.
36. Frost W. E. 1942. R. Liffey survey IV. The fauna of the submerged „mosses” in an acid and alkaline water. Proceedings of the Royal Irish Academy 47, 293—369.
37. Gessner F. 1959. Hydrobotanik. II., Berlin.
38. Hrabec S. 1942. O benticke zvirne jezzer ve Vysokich Tatrach. Physiographica Slovaca I, 124—177.

39. Hynes H. B. N. 1958. A key to the adults and Nymphs of British Stoneflies (*Plecoptera*). Freshw. Biol. Ass. Sc. Publ. 17, 1—86.
40. Illies J. 1953. Die Besiedlung der Fulda (insbes. das Benthos der Salmonidenregion) nach dem jetzigen Stand der Untersuchung. Berichte der Limnol. Flusstation Freudenthal V, 1—28.
41. Illies J. 1955. Steinfliegen oder *Plecoptera*. Die Tierwelt Deutschlands. 43, 1—150.
42. Illies J. 1955. Die Bedeutung der Plecopteren für die Verbreitungsgeschichte der Süßwasserorganismen. Verh. Internat. Ver. Limnol. 12, 643—653.
43. Kamler E. 1960. Notes on the Ephemeroptera fauna of Tatra streams. Pol. Arch. Hydrobiol. VIII(XXI), 107—127.
44. Kamler E. 1962. La faune des Éphémères de deux torrents des Tatras. Pol. Arch. Hydrobiol. Tom X(XXIII), 15—39.
45. Kamler E., Riedel W. 1960. A method for quantitative study for the bottom of Tatra streams. Pol. Arch. Hydrobiol. VIII(XXI), 95—105.
46. Kamler E., Riedel W. 1960. The effect of drought on the fauna *Ephemeroptera*, *Plecoptera* and *Trichoptera* of a Mountain Stream. Pol. Arch. Hydrobiol. VIII(XXI), 87—94.
47. Kendeigh S. Ch. 1961. Animal Ecology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. Y.
48. Kimmins D. E. 1941. A new species of *Nemouridae* (*Plecoptera*). J. Sc. Brit. Ent. 2(3) 89—93.
49. Kimmins D. E. 1943. The nymph of *Protonemura montana* Kim. (*Plecoptera*) Journ Soc. Brit. Ent. 2, 159—160.
50. Klapalek F. 1904. Zpráva o vysledcich cesty do Transsylvanských Alp a Vysokých Tater. Vestník Ceske Ak. Cis. Fran. Josefa, XIII c. 8, 719—730.
51. Klapalek F. 1904. O vnejsich plodidlech ♂ *Arcynopteryx dovrensis* Mort. Cas. C. Spol. Entomol. I, 104—106.
52. Klapalek F. 1905. Conspectus Plecopterorum Bohemiae. Cas. C. Spol. entomol. II, 27—32.
53. Klapalek F. 1906. Revision und Synopsis der europäischen *Dictyopterygidae*. Bull. intern. Acad. Empereur F. Joseph. I-er. classe des sci math et. Nat. ann. XI, 137—166.
54. Klapalek F. 1909. *Plecoptera*, Steinfliegen. Brauer's Süßwasserfauna Deutschlands. Heft 8, 33—95.
55. Kowalski L. 1920. Podreglowe źródła północnej strony Tatr. Spr. K. Fizj. P.A.U. 53/54, 12—27.
56. Kührtreiber J. 1934. Die Plecopterenfauna Nordtirols. Ber. Naturw. Med. Ver. XLIII/XLIV, 1—219.
57. Macan T. T. 1961. A review of running water studies. Verh. Internat. Verein. Limnol. XIV, 587—602.
58. Majewski E. 1882. Systematyczny wykaz owadów siatkoskrzydłych Polski. Warszawa, Gebethner i Wolff, 1—42.
59. Majewski E. 1885. Owady żyłkoskrzydłe (*Neuroptera Polonica*) Warszawa, Nakł. T. Paprockiego i S-ki.
60. Martynow A. B. 1928. Zur Kenntnis der Plecopteren des Kaukasus. I *Nemuridae* und *Leuctridae* des Zentralkaukasus. Trav. Stat. Biol. Caucase du Nord. 2, fasc. 2—3, 8—42.
61. Michejda J. 1954. Analiza stosunków ekologicznych źródeł i potoków

- Gór Stołowych. Poznańskie Tow. Przyj. Nauk, Wydz. matem.-przyr., prace kom. biol. XIV zes. 6, 1—108.
62. Minkiewicz St. 1914. Przegląd fauny jezior tatrzańskich. Spr. K.F.P.A.U. 48, 114—137.
 63. Mocsary A. 1899. Ordo: Pseudoneuroptera. B. Plecoptera. Fauna Regni Hungariae, III, 26—27.
 64. Nowicki M. 1865. Insecta Haliciae Musei Dzieduszyckiani. Cracoviae, 1—64.
 65. Nowicki M. 1867. Zapiski z fauny tatrzańskiej. Spr. K. F. 1, 179—206.
 66. Nowicki M. 1868. Zapiski z fauny tatrzańskiej. Spr. K. F. 2, 77—91.
 67. Obr S. 1955. Príspevek ke štúdiu fauny pramenu, jezer a bystrín v Liptovských holiach (Tatry) Vest. Cs. Zool. Spol., sv. XIX, 10—26.
 68. Obr S. 1956. Hydrobiologický výzkum zvirény povodi Oravy s ohlediem na čistotu vody. Prace Brnenske zaklady Ceskoslov. Ak. ved. 28, 377—445.
 69. Paryski W. H. 1951—1962. Tatry Wysokie. Przewodnik Tatarnicki.
 70. Paschalski J. 1959. Pokarm naturalny głowacza przegopietwego (*Cottus poecilopus Heckel*) z potoku Poroniec. Pol. Arch. Hydrobiol., VI(XIX), 125—131.
 71. Paschalski J. 1963. Próba charakterystyki wód tatrzańskich na podstawie zdolności buforowych. Pol. Arch. Hydrobiol. XI(XXIV).
 72. Percival E., Whitehead H. 1929. A quantitative study to the fauna of some types of stream bed. J. Ecol. 17, 282—314.
 73. Pictet F. J. 1841. Histoire générale et particulière des Insectes névroptères. Première monographie. Famille des Perlides. Genève.
 74. Pongracz S. 1913. *Perlidae* Leach. In: Ujabb adatok Magyaroszak Neuroptera — fauna jahoz. Rovartani Lapok 20, 177—178.
 75. Pongracz S. 1914. Die Neuropteroideren Ungarn. Rovartani Lapok 21, 109—155.
 76. Pongracz A. 1919. Beiträge zur pseudoneuropteren — und Neuroptern-fauna Polens. Ann. Musei Nationalis Hungarici. XVII, 161—177.
 77. Radwańska-Paryska Z. 1959. Zarys fizjografii Tatr i Podtatrza. Pa-sterstwo Tatr Polskich i Podhala, Tom. I. Wrocław—Kraków—Warszawa. Za-klad Nar. im. Ossolińskich, Wydawnictwo P.A.N., 27—75.
 78. Rauser J. 1956. K poznani ceskoslovenských larev rodu *Protonemura*. Prace Brnenske zakl. Ceskoslov. Ak. Ved. XXVIII, 449—498.
 79. Rauser J. 1956. K poznani posvatek (*Plecoptera*) stredni Morawice. Vest-nik Ceskoslov. Zool. Spol. Sv. XX, 2, 110—142.
 80. Rauser J. 1956. K poznani rodu *Leuctra* Stephens ve Slezsku. Spisy prir. fak. M. U. v Brne. 372, 1—54.
 81. Rauser J. 1960. Príspevek k preparaci kopulacnich organu hmyzu. Casopis Ceskoslov. Spol. Ent. 57, 285—289.
 82. Rauser J. 1962. Zur Verbreitungsgeschichte einer insekten-dauergruppe (*Plecoptera*) in Europa. Prace Brnenske zakladny Ceskoslovenske Akademie Ved, 34, 281—383.
 83. Rauser J. 1963. Contribution à la connaissance des larves du genre *Amphi-nemura* de la Tchecoslovaquie (*Plecoptera*). Cas. Cs. Spol. ent. 60, 32—54.
 84. Riedel W. 1962. Chrušci (*Trichoptera*) Tatr. Fragmenta Faunistica 9, 417—438.
 85. Ris F. 1902. Einiges über kurzflügelige Perliden. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 10, 443—446.

86. Le Roi O. 1913. Zur Kenntnis der Plecopteren von Rheinland-Westfalen Bericht. Versamml. Bot. Zool. Ver. Rheinl.-Westf. Jahrg. Bonn, 25—51.
87. Schille F. 1902. Materyały do fauny owadów siatkoskrzydłych i szarańczaków doliny Popradu. Spraw. Kom. Fiz. PAU XXXVI, 77—85.
88. Schneider W. G. 1885. Verzeichnis der Neuropteren Schlesiens. Zeitschr. Ent. N. F. 10, 17—32.
89. Schoenemund E. 1927. Steinfliegen. Die Tierwelt Mitteleuropas. 4, 1—18.
90. Schoenemund E. 1930. Pseudoneuropteren der Hohen Tatra. Wien. Ent. Zeitung XLVII, 155—157.
91. Siemińska J. 1956. Hydrobiologiczna i rybicka charakterystyka rzeki Brynicy. Pol. Arch. Hydrobiol., III/XVI, 69—160.
92. Sowa R. 1961. Fauna denna rzeki Bajerki. Acta Hydrobiol. 3, 1—32.
93. Sowa R. 1961. Nowe i rzadkie w faunie Polski gatunki widelnic (*Plecoptera*) Acta Hydrobiol. 3, 295—302.
94. Sowa R. 1962. Materiały do poznania *Ephemeroptera* i *Plecoptera* w Polsce. Acta Hydrobiol. 4, 205—224.
95. Thienemann A. 1950. Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. Die Binnengewässer 18, 1—809 Stuttgart.
96. Tomaszewski W. 1932. Beitrag zur Kenntnis der Tierwelt schlesischer Bergbäche. Abhandlungen der Naturforschenden. Gesellschaft zu Görlitz 31, 1—80.
97. Wierzejski A. 1883. Dodatek do fauny sieciówek. Spraw. Kom. Fizj. 17, 253—255.
98. Winkler O. 1957. *Plecoptera slovenska* (Faunisticko-systematicka studia). Biologicke prace. Ed. sekcije biol. a lek. ved. S.A.V.III.7, 1—93.
99. Wojtas F. 1962. Stan poznania fauny widelnic (*Plecoptera*) w Polsce. Przegląd Zoologiczny VI, 162—167.
100. Wojtas F. 1962. Widelnice (*Plecoptera*) rzeki Grabi, Łódzkie Tow. Naukowe 77, 1—24.
101. Zwoiliński T. 1948. Przewodnik po Tatrach i Zakopanem. Wyd. VII. Nakł. P.T.T. Zakopane.

Э. Камлер

Исследования отряда *Plecoptera* Татр

Резюме

1. Исследование 40 потоков, 11 озёр и 1 источник в районе Высоких и Западных Татр. Обнаружено 43 вида *Plecoptera*, среди которых 8 это виды необнаруженные до сих пор в Татрах: *Protonemura montana*, *Protonemura praecox*, *Nemoura mortoni*, *Leuctra pseudosignifera*, *Leuctra braueri*, *Leuctra rauscheri*, *Isoperla oxylepis* и *Marthamea vitripennis*, 6 видов это для Польши новые формы: *Protonemura brevistyla*,

Protonemura montana, *Protonemura nimborum*, *Amphinemura standfussi*, *Leuctra rauscheri*, *Perlodes jurassica*.

2. Обсуждено зоогеографическое размещение найденных видов.

3. Видовой состав фауны в потоках Западных Татр более богат (5,1 видов в одном потоке) чем в потоках Высоких Татр (3,3 вида в одном потоке), но численность особей в потоках западных Татр (472/м²) меньше чем в потоках Высоких Татр (599/м²).

4. Среди татранских *Plecoptera* преимущественно выступают формы текучих вод.

5. В больших потоках так количество видов как и количество особей каждого вида значительно выше чем в небольших потоках.

6. Особенно большое количество видов *Plecoptera* встречается в средах отличающихся обильем пищи и медленным течением воды.

7. Самое большое количество видов встречено на высоте 900—1700 м. В местах лежащих ниже в выше этих пределов количество видов понижается.

8. Среди татранских *Plecoptera* преобладают катаробные и олигосапробные формы.

E. Kamler

Recherches sur les Plécoptères des Tatras

Résumé

1. Au cours du présent travail on a examiné 40 torrents, 11 lacs et 1 source des Hautes Tatras et des Tatras Occidentales. L'étude du matériel récolté a révélé 43 espèces de Plécoptères, dont 8 n'avaient encore jamais été trouvées dans les Tatras: *Protonemura montana*, *Protonemura praecox*, *Nemoura mortoni*, *Leuctra pseudosignifera*, *Leuctra braueri*, *Leuctra rauscheri*, *Isoperla oxylepis* et *Marthamea vitripennis*. Six espèces sont nouvelles pour la Pologne: *Protonemura brevistyla*, *Protonemura montana*, *Protonemura nimborum*, *Amphinemura standfussi*, *Leuctra rauscheri* et *Perlodes jurassica*.

2. La répartition zoogéographique des espèces trouvées a été présentée.

3. La faune des torrents des Tatras Occidentales est plus riche en espèces que la faune des Hautes Tatras, mais elle est moins abondante.

4. Dans les Plécoptères des Tatras ce sont les espèces d'eau courante qui dominant.

5. La faune des grands torrents est plus riche en quantité et en qualité que celle des petits torrents.

6. Les Plécoptères habitent pour la plupart les milieux protégés des courants rapides et abondants en nourriture.

7. Le plus grand nombre d'espèces a été trouvé à 900—1700 m. Les terrains placés plus hauts et plus bas sont plus pauvres en espèces.

8. Dans les Plécoptères des Tatras ce sont les espèces katharobes et oligosaprobies que l'on rencontre le plus souvent.

Wskazówki dla autorów

Polskie Archiwum Hydrobiologii przyjmuje do druku prace oryginalne z dziedziny hydrobiologii. Od roku 1963 pismo ukazywać się będzie w trzech zeszytach rocznie objętości około 160 str. druku każdy.

Do druku przyjmowane są prace napisane w jednym z języków kongresowych albo w języku polskim ze streszczeniem wyników w języku rosyjskim oraz w języku kongresowym.

Nadsyłane do druku prace winny być napisane na maszynie w 2 egzemplarzach (oryginał i kopia) z zachowaniem podwójnego odstepu między wierszami, z marginesem bocznym (4 cm), a na pierwszej stronie z marginesem górnym (8 cm).

Układ maszynopisu powinien zawierać: 1. nazwisko i inicjały imion autora, 2. tytuł pracy, 3. zakład, w którym pracę wykonano, 4. treść artykułu, 5. streszczenie, 6. bibliografię, ułożoną w porządku alfabetycznym nazwisk autorów.

Przy powoływaniu się w tekście na prace innych autorów należy podawać nazwisko autora i rok wydania pracy.

W bibliografii należy podawać: 1. nazwisko i inicjały imion autora, 2. rok wydania pracy, 3. pełny tytuł pracy, 4. skróconą nazwę czasopisma (według World List of Scientific Periodicals), tom i stronicę.

Liczba rysunków powinna być ograniczona do koniecznego minimum. Załączone rysunki są numerowane liczbami arabskimi. Na odwrocie każdego rysunku należy umieścić nazwisko autora. Objaśnienia do rysunków należy umieścić na osobnym arkuszu.

Tabele liczbowe oznaczane liczbami rzymskimi załączać na osobnych arkuszach.

W pracach napisanych po polsku objaśnienia w tabelach winny być podane w języku polskim oraz w języku kongresowym. To samo dotyczy objaśnień do rysunków i fotografii.

Na marginesie należy zaznaczyć miejsce kolejnych tabel i ilustracji.

Przesyłane do druku maszynopisy winny mieć postać całkowicie wykończoną. Zauważone błędy winny być poprawione maszynowo.

Autorzy otrzymują tylko jedną korektę. Zmiany tekstu w korekcie winny być zredukowane do minimum. Konieczne uzupełnienia tekstu w korekcie należy umieszczać na końcu odnośnego rozdziału lub na końcu tekstu jako addendum. Koszt większych zmian będzie obciążał autora.

Autorzy otrzymywać będą 100 odbitek swej pracy, 25 sztuk bezpłatnie i 75 płatnych według ustalonych stawek.

Cena zł 39.—