

P. 509

INSTYTUT BIOLOGII DOŚWIADCZALNEJ im. M. NENCKIEGO  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

# POLSKIE ARCHIWUM HYDROBIOLOGII

Tom XII (XXV)

Nr 5

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE  
WARSZAWA 1964

  
<http://rcin.org.pl>

POLSKIE ARCHIWUM  
HYDROBIOLOGII



ИНСТИТУТ ОПЫТНОЙ БИОЛОГИИ ИМ. НЕНЦКОГО  
ПОЛЬСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ПОЛЬСКИЙ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АРХИВ

БЫВШИЙ

АРХИВ ГИДРОБИОЛОГИИ И РЫБОЛОВСТВА

ТОМ XII (XXV)

№ 3

ВАРШАВА 1964

---

NENCKI INSTITUTE OF EXPERIMENTAL BIOLOGY  
POLISH ACADEMY OF SCIENCES

POLISH ARCHIVES OF HYDROBIOLOGY

formely

ARCHIVES D'HYDROBIOLOGIE ET D'ICHTHYOLOGIE

VOL. XII (XXV)

No. 3

WARSAW 1964

INSTYTUT BIOLOGII DOŚWIADCZALNEJ im. M. NENCKIEGO  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

# POLSKIE ARCHIWUM HYDROBIOLOGII

Tom XII (XXV)

Nr 3

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE  
WARSZAWA 1964

<http://rcin.org.pl>



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

PANSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — WARSZAWA 1965

---

Nakład 700+175. Ark. wyd. 11,50. Ark. druk. 8,75+3 wklejki. Papier druk. sat. 70 g,  
V kl. 70×100/16. Przek. do składu w sierpniu 1964 r. Druk ukończ. w styczniu 1965 r.  
Z-90 Zam. nr 6310/64. Cena zł 36.—

---

Zaki. Graf. „Dom Słowa Polskiego” w Warszawie

S. Bernatowicz, J. Radziej

## Produkcja roczna makrofitów w kompleksie jeziora Mamry

Zakład Gospodarki Jeziorowej IRS w Giżycku

Otrzymano 20.XII.1963

### Wstęp

Badania ilościowe makrofitów w kompleksie jeziora Mamry stanowią jeden z elementów zespołowych prac zmierzających do opracowania podstaw rybackiego zagospodarowania tych wód. Wychodzą przy tym z założenia, że flora naczyniowa poza morfologią, jest głównym czynnikiem różnicującym środowisko wodne. Chodziło więc o wyświetlenie niektórych zależności wpływających na rozmieszczenie i produkcję makrofitów na tle charakteru środowisk rozpatrywanych jezior.

W toku badań wykonano pierwszy etap pracy w postaci publikacji o florze naczyniowej jez. Dobskiego (Bernatowicz i Radziej 1960). Badania te wykazały, że makrofity w jez. Dobskim zajmują 25,9% całkowitej powierzchni jeziora. Z tego na roślinność wynurzoną przypada 6,4% i na roślinność zanurzoną — 19,5%. Roczna produkcja wszystkich makrofitów w tym jeziorze na 1 ha powierzchni zajętej przez tę roślinność wynosi 3,2 t w stanie suchym. Spośród roślin wynurzonych wyraźnie dominuje *Phragmites communis* 71,77%, a z zanurzonych *Charales* — 74,20%. Dla porównania w Jeziorze Białym (Biełoję Oziero) pod Moskwą roczna produkcja makrofitów w stanie suchym w ciągu czterech lat wahała się w granicach od 2,3 do 3,5 t/ha (Boruckij 1949). Podobnie w jeziorze eutroficznym Mendota w USA roczna produkcja suchej masy makrofitów wyniosła 2,0 t/ha, a w oligotroficznym Jeziorze Zielonym (Green Lake) — 1,8 t/ha (Juday 1924). Dominantami w tym jeziorze były *Charales* (49% suchej masy całości makrofitów) i *Patamogetonaceae* (33%).



Tak poważna coroczna produkcja masy organicznej w postaci makrofitów w jeziorach stanowi niewątpliwie poważną pozycję w bilansie energetycznym tych wód. Dotyczy to w szczególności jezior nizinnych o bogatej szacie roślinnej. Na podstawie materiałów pochodzących z terenu całej Polski powierzchnia dna pokryta roślinnością naczyniową



Rys. 1. Jeziora kompleksu Mamry  
Mamry Lake complex

w 86 jeziorach waha się w granicach od 10,8% do 100,0% lustra wody. Stanowi to średnio 32,7% ich całkowitej powierzchni.

Tematem niniejszej pracy jest poznanie rozmieszczenia różnych gatunków roślin naczyniowych i rocznej produkcji ich masy w całym kompleksie jez. Mamry o łącznej powierzchni 7637 ha (bez jez. Dobskiego 1719,5 ha i jez. Święcajty — 814 ha) na tle różnic środowiskowych tych wód (rys. 1).

Próby ilościowe makrofitów pobrano w sierpniu 1959 i 1960 roku. W pracach terenowych brali udział: mgr C. Sidor-Sobczak, mgr J. Zachwieja i mgr I. Pajewska. Osobom tym za trud, wysiłek i koleżeńską pomoc autorzy składają podziękowanie.

Tab.I. Morfometria opracowywanej części kompleksu jeziora Mamry (wg Szostaka 1962)  
Morphometry of Mamry Lake complex (acc. Szostak, 1962)

Jezioro Lake	Pow. Area ha	Długość maksy- malna Maximum length km	Szerokość maksy- malna Maximum width km	Stosunek długości do szerokości Length width ratio	Długość linii brzegowej Shore length in km		Rozwój linii brzegowej Shore line develo- pement	Głębokość Depth m.	
					z wys- pami islands included	bez wysp without island		maksy- malna maximum	średnia average
Mamry Pn.	2504	7,6	5,2	1,5	34,0	28,0	1,9	43,8	11,8
Kirsajty	207	1,9	1,6	1,2	8,6	7,4	1,6	5,8	3,3
Dergin	3030	10,1	5,6	2,0	32,8	31,8	1,7	37,6	10,6
Kisajno	1896	8,5	3,0	2,8	50,1	31,3	3,2	25,0	8,4

Tab.II. Zawartość soli mineralnych w powierzchniowych warstwach wody w okresie wiosennego wymieszania (Średnia z pięciu lat: 1955, 1956, 1959, 1960, 1961/ w mg/l)  
The content of mineral salts in the surface larger of water during the spring circulation.  
(Average from five years: 1955, 1956, 1959, 1960, 1961, in mg/l)

Jezioro Lake	Ca	Mg	Na	K	Fe	P	N/NH <sub>3</sub>	N/NO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
Mamry Pn.	35	9,7	6,3	2,9	0,01	0,017	0,01	0,07	1,9
Kirsajty	34	13,8	7,2	4,1	0,00	0,017	0,10	0,04	1,6
Dergin	35	10,8	6,0	4,1	0,00	0,015	0,14	0,02	1,0
Kisajno	34	11,4	8,7	5,1	0,00	0,022	0,01	0,02	1,2

Tab.III. Średnie miesięczne przejrzystości wody w okresie czterech lat (1954, 1959, 1960, 1961) wg Zachwiei  
The monthly average water transparency in the years 1954, 1959, 1960, 1961, acc. Zachwiejs

Jezioro Lake	Widzialność krążka Secchiego w m The visibility of Secchi disc in m.	
	najmniejsza minimal	największa maximal
Mamry Pn.	4,4 (IV)	7,2 (IX)
Kirsajty	1,8 (IV)	4,4 (VIII)
Dergin	4,0 (IV)	6,6 (X)
Kisajno	3,0 (IV)	5,4 (VI i XI)



### Metoda

Przy opracowaniu makrofitów posługiwano się metodą Bernatowicza (1960) w oparciu o plany batymetryczne z zaznaczonym zasięgiem roślinności wynurzonej. Proponowanych przez Boruckiego (l.c.) poprawek dla obliczania rocznej produkcji makrofitów nie stosowano z uwagi na pobieranie ilościowych prób roślinności w okresie jej maksymalnego rozwoju. Ogółem pobrano 2387 prób ilościowych makrofitów, w tym 989 prób roślinności wynurzonej i 1398 prób roślinności zanurzonej. Rośliny oznaczano do gatunku. Jedynie ramienice potraktowano jako *Charales*.

Dużą trudnością techniczną przy pobieraniu prób było przedzieranie się łodzią przez gęste zarośla rozległych trzcinowisk i odszukiwanie w śródziejerzu płyczn podwodnych porośniętych roślinnością naczyniową. Z tego więc względu i z uwagi na duży obszar objęty badaniem (7637 ha) prace terenowe trzeba było rozłożyć na dwa lata.

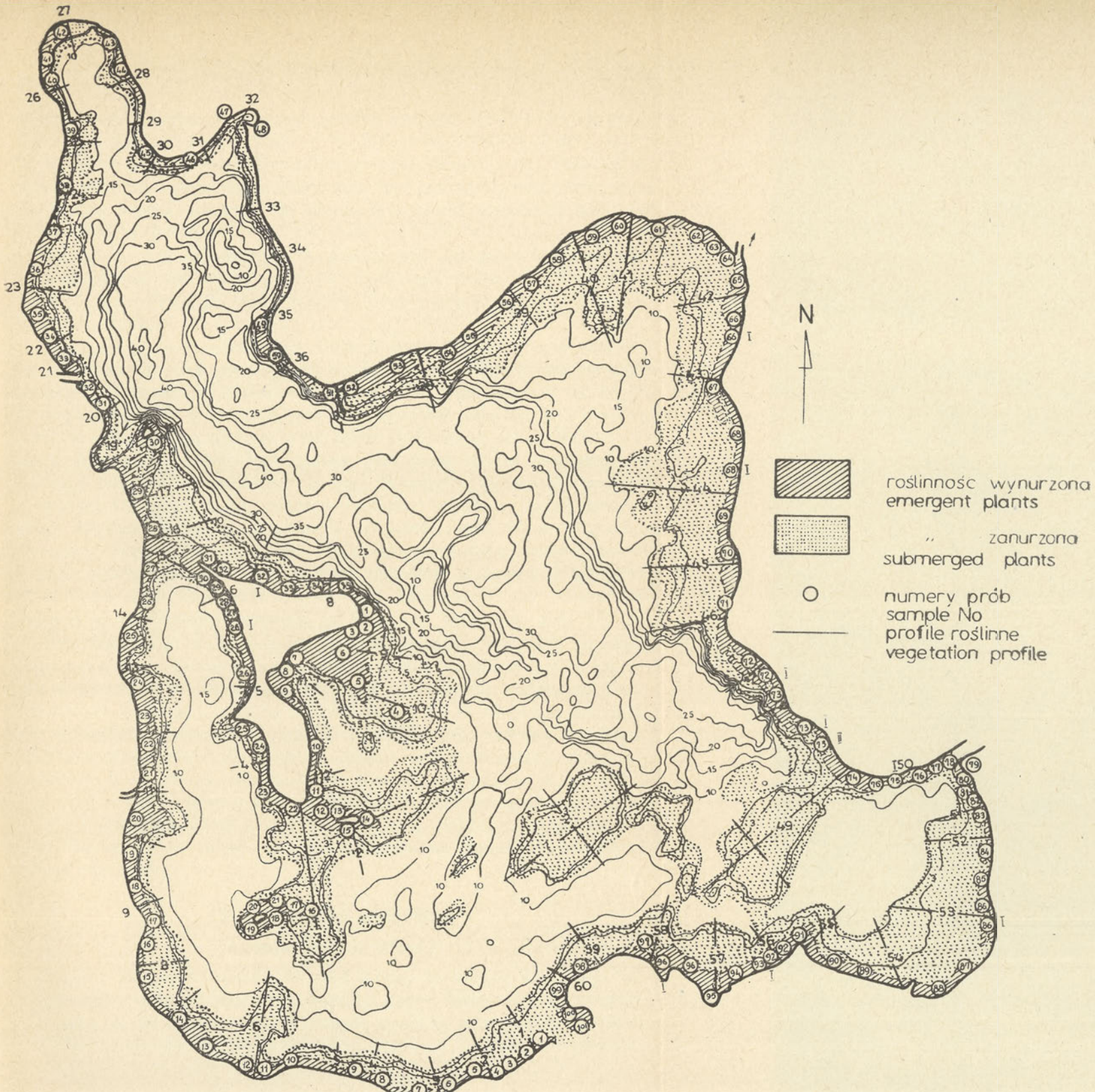
### Środowisko

Charakterystykę morfometryczną poszczególnych części Mamr, będących przedmiotem niniejszego opracowania, podano w tabeli I.

Jak z przytoczonej tabeli wynika, wielkość badanych jezior waha się w granicach od 207 ha (Kirsajty) do 3030 ha (Dargin). Długość maksymalna tych jezior odpowiednio wynosi 1,9 km i 10,1 km, a zatem i działanie wiatru na nie jest bardzo różne (rys. 1).

Z wyjątkiem zatok brzegi Mamr Północnych, Darginu i wschodnie brzegi północnej części Kisajna (od Olchowego Rogu po Królewski Róg) są twarde, utworzone z piasku, żwiru i miejscami kamieni. We wszystkich częściach Mamr istnieją liczne płyczn śródziejorne, wszystkie mają twarde, a często kamieniste dno. Rozległość jezior i duże ich długości maksymalne sprzyjają silnemu falowaniu. Szczególnie burzliwe jest jez. Dargin z powodu osi maksymalnej długości przebiegającej z zachodu na wschód. Wskutek silnego falowania wschodni brzeg Darginu i Kisajna (pod Perkunami) wykształcił się w postaci psammolitoralu bez roślinności wynurzonej. W miejscach gdzie falowanie jest nieco słabsze, występują oczerety wielkojeziorne (wschodnie brzegi Mamr Północnych), północny brzeg Darginu i Kisajna w okolicy Królewskiego Rogu. Silny wpływ falowania na roślinność został stwierdzony przez szereg autorów. Sauer (1928) podaje, że w jeziorach wschodniopolskich przy brzegach wystawionych na silne falowanie występuje *Parvocharacetum* i *Parvopotametum*, a w miejscach zacisznych rozwijają się rośliny o liściach pływających i *Magnocharacetum*. Podobne





Rys. 2. Jezioro Mamry Północne  
Mamry Północne Lake



stwierdzenia spotykamy u szeregu innych autorów (Denniston 1921, Luther 1951, Bernatowicz i Radziej 1960 i inni).

Niektóre części Mamr (jez. Kirsajty i południowa część Kisajna) są silnie zamulone i wypłycone. Falowanie tam jest słabe, roślinność wodna bardzo bogata, dochodzi do brzegu i w wielu miejscach łączy się z roślinnością błotną.

Zawartość soli mineralnych w wodzie jest jednym z ważnych elementów oceny warunków rozwoju hydromakrofitów (Lohammar 1938, Olsen 1950, Bursche 1956, Lenczewski 1957, Bernatowicz 1960).

Porównanie zasobności wody różnych części Mamr przeprowadzono na podstawie analizy powierzchniowych warstw wody w okresie wiosennego wymieszania. Zawartość wapnia (Ca) wahająca się od 34 do 35 mg/l mieści się w dolnych granicach średnich wartości w jeziorach. Ilości te odpowiadają górnym wartościom śródlęśnych jezior Węgorzewskich (Patalas 1960). Ilość potasu (K) waha się w granicach od 2,9 mg/l (Mamry Północne) do 5,1 mg/l (Kisajno). Porównując te ilości z danymi Ohlègo (1940) Mamry Północne znajdują się na granicy jezior średnio zasobnych w potas, a pozostałe części Mamr (Kirsajty, Dargin i Kisajno) do bogatych. Wysokie zawartości potasu, ponad 4 mg/l, występują tylko w niektórych jeziorach w okolicy Węgorzewa (Patalas, l.c.). Zawartość innych soli mineralnych nie odbiega od najczęściej spotykanych wartości w jeziorach nizinnych (tab. II).

Przeźroczystość wody we wszystkich badanych jeziorach w ciągu roku waha się w szerokich granicach. Z reguły najniższa jest w kwietniu, a najwyższa w listopadzie. Jedynie w jez. Kirsajty największa przeźroczystość wody przypada na sierpień (tab. III). W małych, a szczególnie w płytkich jeziorach w różnych latach istnieje znaczna zmienność przeźroczystości wody. Znajduje to odbicie w rozmieszczeniu flory naczyniowej i w zasięgu dolnego piętra litoralu (Bernatowicz 1963). Podobnie w południowym krańcu jez. Kisajno (za archipelagiem wysp) na całej powierzchni dna na głębokości 5 m w niektórych latach występuje *Myriophyllum spicatum*, a w innych zanika zupełnie i cofa się do miejsc płytszych.

## Charakterystyka makrofitów

### a. Jezioro Mamry Północne

Jezioro Mamry Północne jest najbardziej na północ wysuniętą częścią kompleksu jezior noszących wspólną nazwę Mamr. Cechą charakterystyczną są odsłonięte brzegi i rozległe płycizny w południowej części, wystawione na silne działanie wiatrów. Znajduje to odbicie w psammo-



litoral i występowaniu przy niektórych brzegach oczeretów wielkojeziornych (rys. 2—4). Pod względem limnologicznym Mamry Północne są najmłodsze z całego kompleksu. Według typologii Stangenberga (1936) należą do typu b-mesotroficznego.

Brzeg południowy (na zachód i na wschód od przewężenia prowadzącego do jez. Kirsajty) jest na całej długości odsłonięty i wy-



Rys. 3. Wschodni brzeg zatoki Przystań. Psammolitoral  
East coast of Przyszań Bay.  
Psammolitoral



Rys. 4. Wschodni brzeg wyspy Upałty. Charakterystyczny „postrzępiony” skraj oczeretów  
East coast of Upałty Isle, margin of reeds

stawiony na silne działanie fal. Występują tu jednak oczerety małegojeziorne. Na pływaczach, bezpośrednio za oczeretami, roślinność zanurzona jest uboga z powodu falowania.

Roślinność wynurzona (tab. IV) występuje zwartym pasem dochodzącym do samego brzegu zajmując powierzchnię 35,8 ha. Profile 1—13 i 87—101. Łączny ciężar roślin wynurzonych przy tym brzegu wynosi 799,5 t (312,8 t)\*. Stanowi to 22,3 t/ha (8,7 t/ha) powierzchni zarośniętej.

*Phragmites communis* na profilach 1—13 występuje zwartym pasem bez domieszki innych gatunków roślin, na profilach 87—101 natomiast szerszym pasem i z domieszką innych gatunków. W wielu miejscach oczerety łączą się z szuwarami przyległych niskich terenów. Masa surowa wynosi 701,1 t (288,5 t).

*Typha angustifolia* występuje w rozległych zbiorowiskach w zatoce pod Skłodowem na miękkim dnie pod osłoną trzciny pospolitej. Masa surowa wynosi 33,4 t (10,1 t).

*Schoenoplectus lacustris* występuje w postaci niewielkich skupisk w trzcinowiskach. Załedwie w paru miejscach tworzy płyty jednogatunkowe. Masa surowa wynosi 65,0 t (14,2 t).

\* W nawiasach masa roślinna po wysuszeniu.



Roślinność zanurzona (tab. V) w omawianej partii litoralu występuje na obszarze wynoszącym 110,0 ha. Profile 1—6 i 54—60. Bezpośrednio za pasem oczeretów roślinność miękka jest nieliczna. Natomiast w okolicy stoku i głębiej występuje bardzo bujnie i sięga do 5,5 m głębokości. Jedynie w paru miejscach spotyka się ją głębiej. Zdecydowanie dominują *Charales*. Łączna ilość masy surowej roślinności miękkiej wynosi 1061,4 t (142,1 t). Na jednostkę powierzchni zarośniętej wynosi to 9,7 t/ha (1,3 t/ha).

*Charales* najliczniej występują na głębokości 3—5 m. Ich masa surowa wynosi 7,1 t/ha (0,9 t/ha). Pozostałe gatunki roślin występują w znacznie mniejszych ilościach, chociaż w wielu miejscach tworzą zwarte skupiska. Na powierzchnię pokrytą miękką roślinnością przy tym brzegu masa roślinna wynosi: *Elodea canadensis* — 0,9 t/ha (83 kg/ha), *Ceratophyllum demersum* 0,6 t/ha (60 kg/ha). Inne gatunki są tu w znacznie mniejszych ilościach.

Brzeg zachodni na całej swej długości jest stosunkowo dobrze zasłonięty przed silnym falowaniem. W południowej i środkowej części litoralu rolę falochronów spełniają wyspy, a w części północnej (zatoka Przyszań) z uwagi na kształt jeziora i konfigurację brzegów jest ono zabezpieczone przed silnym falowaniem. Z tego względu oczerety w tej części jeziora są małojeziorne i miejscami (koło wyspy Upały) tworzą rozległe zarośla. Bardzo rozległe łąki podwodne znajdują się przy południowo-zachodnim krańcu wyspy Upały. W pozostałych partiach omawianego brzegu łąki podwodne przylegają do oczeretów w postaci wąskiego pasa.

Roślinność wynurzona występuje na przestrzeni 51,3 ha i jest reprezentowana przez trzy gatunki. Profile 14—44. Masa surowa oczeretów w tej części jeziora wynosi 1381,2 t (440,4 t); 26,9 t/ha (8,6 t/ha).

*Phragmites communis* jest zdecydowanym dominantem i występuje wzdłuż całego rozpatrywanego brzegu. Wyjątkowo zwarcie i bujnie rozwija się w okolicy kanału prowadzącego do Jez. Pniewskiego. W wielu miejscach w postaci domieszki występuje *Schoenoplectus lacustris* i *Typha angustifolia*. Masa surowa wynosi 19,4 t/ha (7,1 t/ha).

*Schoenoplectus lacustris* występuje przeważnie wśród trzcin w postaci większych lub mniejszych skupisk jednogatunkowych na miękkim lub gliniastym dnie. Masa surowa wynosi 4,4 t/ha (0,9 t/ha).

*Typha angustifolia* jest najmniej licznym komponentem. Spotyka się ją tu przeważnie w pobliżu brzegów na miękkim dnie pod osłoną trzcin. Masa surowa wynosi 3,0 t/ha (0,5 t/ha).

Roślinność zanurzona zajmuje powierzchnię 84,8 ha. Ze względu na stosunkowo słabe falowanie łąki podwodne dochodzą do oczeretów i sze-



reg gatunków (*Potamogeton natans*, *Charales*, *Nuphar luteum*, *Lemna trisulca* i inne) wnika do roślinności wynurzonej. Najliczniej występują *Charales*. Licznie, chociaż w znacznie mniejszych ilościach, występuje *Elodea canadensis*. Masa surowa roślinności zanurzonej wynosi 1374,3 t (215,2 t); W przeliczeniu na jednostkę powierzchni stanowi to 16,2 t/ha. *Charales* zdecydowanie dominują. Rozwijają się na różnej głębokości, w dolnym piętrze łąk podwodnych i na płycznach przybrzeżnych, nie wyłączając rozrzedzonych płatów helofitów. Masa surowa wyraża się liczbą 13,3 t/ha (2,1 t/ha).

*Elodea canadensis* w zasadzie nie tworzy większych zbiorowisk i występuje w rozproszeniu na różnych głębokościach łąk podwodnych. Jedyne w zatoce na południe od kanału Mazurskiego zwarcie zarasta dużą powierzchnię dna. Surowa masa wynosi 0,9 t/ha (0,2 t/ha).

*Ceratophyllum demersum* jest rozproszony po całym litoralu. Nie tworzy większych skupisk. Jedyne na rozległej płaszczyźnie między wyspami Upały i Sosnowką występuje licznie w postaci większych kęp. Masa surowa wynosi 0,6 t/ha (0,1 t/ha).

*Lemna trisulca* występuje stosunkowo licznie na dnie za pasem oczerzetów w miejscach ze słabym falowaniem. Na powierzchni wody spotyka się ją tylko pod osłoną helofitów. Jej masa surowa wynosi 0,4 t/ha (0,05 t/ha). Zasluguje także na uwagę znaczna ilość *Potamogeton lucens*, którego masa surowa wynosi 0,2 t/ha, i *Fontinalis antipyretica* — masa surowa 0,1 t/ha. Pozostałe gatunki roślin (*Potamogeton natans*, *Batrachium circinatum*, *Myriophyllum* sp. *P. pectinatus*, *P. perfoliatus*, *P. compressus*, *Nuphar luteum* i *P. trichoides*) występują nielicznie.

Brzeg północny (od najdalszego krańca zatoki Przysań po kanał Węgorzewski) jest odsłonięty i wystawiony na silne falowanie. Silne falowanie znajduje odbicie w psammolitoralu we wschodniej części zatoki Przysań (rys. 3) oraz w wytworzeniu oczerzetów wielkojeziornych. Z tego też względu roślinność zanurzona na płycznach jest uboga.

Roślinność wynurzona zajmuje powierzchnię 18,4 ha występując w postaci oczerzetów wielkojeziornych na przestrzeni od Trygorckiego Rogu po kanał Węgorzewski. W pozostałej części tego brzegu jest zupełny brak helofitów, profile 45—64. Łączny ciężar roślinności wynurzonej wynosi 493,8 t (164,9 t); stanowi to 26,8 t/ha (8,9 t/ha).

*Phragmites communis* jest gatunkiem dominującym. W okolicy Trygorckiego Rogu występuje z dala od brzegu w postaci dużych kęp, a w kierunku wschodnim dwoma równoległymi pasami z domieszką sitowia jeziornego. Jeden wąski pas na płycznie przy samym brzegu, a drugi nieco szerszy głębiej w okolicy stoku. Masa surowa wynosi



19,1 t/ha (7,4 t/ha). *Schaenoplectus lacustris* występuje w stosunkowo niedużej ilości jako domieszka do trzciny. Nie tworzy większych skupisk. Masa surowa wynosi 7,7 t/ha (1,4 t/ha).

Roślinność zanurzona w okolicy i na północ od Trygorckiego Rogu z powodu dużej głębokości występuje wąskim pasem. Natomiast na wschód, a szczególnie w okolicy kanału Węgorzewskiego, pokrywa duże połacie dna. Stwierdzono tu poza ramienicami 8 gatunków roślin. Łąki podwodne zajmują powierzchnię 80,7 ha. Masa surowa miękkiej roślinności wynosi 1069,5 t (163,0 t); W przeliczeniu na 1 ha powierzchni zarosniętej stanowi to 13,2 t/ha (2,0 t/ha).

*Charales* rozwijają się wzdłuż całego brzegu na różnych głębokościach, ale głównie na rozległych płycznach przy kanale Węgorzewskim na głębokości 2 — 5,5 m. Masa surowa wynosi 10,8 t/ha (1,7 t/ha).

*Elodea canadensis* po ramienicach jest najliczniejszym gatunkiem. Występuje przeważnie w dolnym piętrze litoralalu. Masa surowa wynosi 1,2 t/ha (0,1 t/ha).

*Ceratophyllum demersum* zajmuje trzecie miejsce pod względem masy. Występuje w postaci kęp na głębokości 2,5—5,5 m. Masa surowa wynosi 0,35 t/ha (0,03 t/ha).

*Fontinalis antipyretica* występuje w dolnym piętrze litoralalu tworząc znaczne skupienia. Jego masa surowa wynosi 0,2 t/ha (0,05 t/ha).

*Potamogeton trichoides* występuje w rozproszeniu między innymi roślinami. Masa surowa wynosi 0,18 t/ha (0,01 t/ha).

Pozostałe gatunki roślin w liczbie pięciu (*Myriophyllum* sp., *Potamogeton lucens*, *P. prefoliatus*, *P. pectinatus* i *Batrachium circinatum*) występują w niedużej ilości (tab. VI).

Brzeg wschodni (od kanału Węgorzewskiego po południowo-wschodni kraniec jeziora). Helofity nieprzerwanym pasem dochodzą do lądu, jedynie w okolicy osady Kal brzeg jest wolny od oczeretów. Zachodnie wiatry wywierają silny wpływ na roślinność. W wielu miejscach oczerety są wielkojeziorne i bezpośrednio za ich pasem od strony jeziora roślinność miękka jest nieliczna. W północnej i południowej części rozpatrywanego litoralalu istnieją bardzo rozległe łąki podwodne.

Roślinność wynurzona jest wielogatunkowa i występuje na obszarze 32,7 ha, profile 65 — 86. Na południe od kanału Węgorzewskiego oczerety małojeziorne zarastają duże przestrzenie. Bardziej ku południowi w wielu miejscach są one wielkojeziorne, przy czym wąski ich pas występuje i przy samym brzegu. W ten sposób między oczeretami jest znaczna przestrzeń wody zupełnie pozbawionej roślinności (rys. 4).

*Phragmites communis* jest gatunkiem zdecydowanie dominującym. Najliczniej występuje na południe od kanału Węgorzewskiego. Masa surowa trzciny wyraża się liczbą 19,4 t/ha (7,4 t/ha).



Tab.IV. Biomasa roślin wynurzonych w jeziorze Mamry Północne w tonach  
Biomass of emergent plants of Mamry Północne Lake in tons

Odcinki brzegu Shore section	Pow. Area ha	Ilość prób Number of samples	Phragmites communis	Typha angustifolia	Schoenoplectus lacustris	Acorus celastus	Spergenium ramosum	Equisetum limosum	Rezem Total
			sur.* sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.
Brzeg pd., S-shore profile 1-13,87-101	35,8	65	701,1 288,5	33,4 10,1	65,0 14,2	- -	- -	- -	799,5 312,8
Brzeg zach., W-shore profile 14-44	51,3	57	996,1 365,5	156,0 26,8	229,1 48,1	- -	- -	- -	1381,2 440,4
Brzeg pn., N-shore profile 45-64	18,4	31	351,6 137,5	- -	142,2 27,4	- -	- -	- -	493,8 164,9
Brzeg wsch., E-shore profile 65-86	32,7	50	635,6 244,5	30,2 9,2	63,6 19,7	35,3 7,4	2,3 0,8	0,4 0,1	767,4 288,6
Wyspy - Islands profile 1-35	43,6	62	603,7 226,6	112,3 28,5	183,9 35,4	6,5 1,4	- -	0,5 0,1	906,9 292,0
Rezem - Total	181,8	265	3288,1 1262,6	331,9 74,6	683,8 144,8	41,8 8,3	2,3 0,8	0,9 0,2	4348,8 1498,7
Średnio - Average t/ha			18,1 7,1	1,8 0,4	3,8 0,8	0,2 0,1			23,9 8,2
Udział gatunków % Participation of species in %			75,6	7,6	15,7	1,0	0,1		100,0

\* sur. - wet weight, sch. - dry weight (and analogens in further tables)

Tab.VI. Biomasa roślinności naczyniowej w jeziorze Mamry Północne w tonach  
Biomass of macrophytes in Mamry Północne Lake in tons

Roślinność Plants	Pow. Area ha	Masa surowa Wet weight	Masa sucha Dry weight	t/ha pow.zarośniętej t/ha from overgrown areas		t/ha pow.całkowitej t/ha from the total lake areas	
				masa surowe wet weight	masa sucha dry weight	masa surowa wet weight	masa sucha dry weight
Wynurzona - Emergent	181,8	4348,8	1498,7	23,9	8,2	1,7	0,59
Zenurzona - Submergent	633,7	6647,2	1081,6	10,5	1,7	2,65	0,43
Rezem - Total	815,5	10996,0	2580,3	13,4*	3,1	4,3	1,0

\* 10996,0 : 815,5 = 13,4 i w dalszych przypadkach analogicznie - and analogens results in further instances.



Teb. V. Biomass roślin zanurzonych i o liściach pływających w Memrach Północnych w tonach  
 Biomass of submerged plants and those with floating leaves in Memry Północne Lake in tons

Odcinki brzegu Shore section	Pow. - Area ha	Ilość prób Number of samples	Charales		Blodea condensata		Ceratophyllum demersum		Myriophyllum sp.		Potamogeton lucens		Potamogeton perfoliatus		Potamogeton natans		Potamogeton pectinatus		Potamogeton compressus		Potamogeton trichoides		Lemna trisulca		Pontinatis antipyretica		Potamogeton circinalium		Nuphar luteum		Razem - Total	
			sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	
Brzeg pd. S-shore prof. 1-6, 54-60	110,0	64	793,3	93,4	64,1	30,8	1,6	14,6	-	9,5	1,1	10,8	24,7	26,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1061,6	
			106,2	9,1	6,6	4,7	0,2	4,7	0,2	2,3	-	1,5	0,1	1,3	3,4	3,6	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139,2
Brzeg zach. W-shore prof. 7-27	84,8	84	1128,3	79,6	47,4	3,3	17,6	2,2	2,2	2,4	1,0	0,1	39,0	12,1	4,7	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1347,1		
			179,3	17,2	13,0	0,3	2,8	0,3	2,1	0,3	0,1	0,3	0,1	4,5	2,0	0,5	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	222,5	
Brzeg pn. N-shore prof. 28-41	80,7	63	876,5	95,1	28,3	9,2	5,2	2,5	-	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1069,5		
			140,0	9,4	2,7	1,1	0,9	0,3	0,3	0,3	-	1,3	-	1,3	-	4,9	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	163,0	
Brzeg wsch. E-shore prof. 42-53	155,3	49	1080,0	67,5	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1221,7	
			190,2	9,6	0,4	-	-	-	-	2,2	-	-	-	0,6	-	6,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	210,4	
Wyspy - Islands	116,4	56	1147,1	75,9	68,6	4,7	6,2	4,4	-	-	-	-	9,0	2,0	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1331,9		
			207,0	9,1	10,7	0,2	1,0	0,2	0,9	0,9	-	-	-	0,8	1,1	0,4	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	233,2	
Płycizny śródojeziorne Lake shoals	86,5	41	559,2	19,7	14,8	-	13,5	1,0	-	-	-	-	-	7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	615,4		
			104,9	3,5	1,9	-	1,6	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	113,3	
Razem - Total	633,7	357	5574,4	431,2	225,4	48,0	44,1	48,4	8,6	20,6	2,1	38,7	72,7	110,1	22,1	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6647,2		
			927,6	57,9	35,3	6,3	6,5	6,1	2,1	6,1	2,1	3,1	0,2	4,0	9,0	18,4	5,0	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1081,6	
Srednio Average	t/ha		8,8	0,6	0,3	0,09	0,07	0,09				0,06	0,1	0,17	0,03															10,5		
Udział gatunków w % Participation of species in %			83,9	6,5	3,3	0,7	0,6	0,7	0,1	0,3	-	0,5	1,2	1,6	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100,0		



*Schoenoplectus lacustris* występuje w postaci znacznych skupień w okolicy Kalu oraz jako domieszka do trzciny na odcinku od Kalu po cieśninę prowadzącą na jez. Święcajty. Masa surowa wynosi 1,9 t/ha (0,6 t/ha).

*Acorus calamus* występuje w postaci jednogatunkowych zbiorowisk w okolicy Kalu oraz niedużymi kępami wśród innej roślinności wynurzonej. Jego masa surowa wynosi 1,1 t/ha (0,2 t/ha).

*Typha angustifolia* skupiona jest przy samym brzegu na miękkim dnie pod osłoną trzciny. Kępy jej spotyka się wzdłuż całego brzegu. Masa surowa wynosi 0,9 t/ha (0,3 t/ha). Pozostałe dwa gatunki, *Sparganium ramosum* oraz *Equisetum limosum*, występują w drobnych ilościach w postaci kęp przybrzeżnych w płytkiej wodzie na mulistym dnie.

Roślinność zanurzona w omawianym litoralu rozwija się na wielkiej przestrzeni wynoszącej 155,3 ha. Z powodu silnego falowania na płycznach przybrzeżnych występują głównie ramienice niskie, a poniżej stoku ramienice wysokie i inne rośliny w liczbie sześciu gatunków. Masa surowa łąk podwodnych wyraża się liczbą 1221,7 t (210,4 t); Z przeliczenia na jednostkę powierzchni wynosi to 7,9 t/ha (1,3 t/ha).

*Charales* i przy tym brzegu są dominantami. Rozwijają się one tu zarówno na płycznach koło oczeretów, jak też i w dolnym piętrze łąk podwodnych. Największa jednak ich masa jest poniżej stoku. Występują one przeważnie dużymi płatami. Masa surowa ramienic wynosi 6,9 t/ha (1,2 t/ha).

*Elodea canadensis* występuje prawie wyłącznie w dolnym piętrze litoralu nie tworząc większych zbiorowisk. Jej masa surowa wynosi 0,4 t/ha (0,06 t/ha). Na uwagę zasługuje znaczna ilość *Fontinalis anti-pyretica* w dolnym piętrze, wyrażająca się liczbą 0,2 t/ha surowej masy, i *Potamogeton perfoliatus* — 0,1 t/ha. Pozostałe gatunki występują w nieznacznych ilościach.

Wyspy Upały, Piramidka i Sosnówka o łącznej powierzchni 55 ha, jak i szeroki pas otaczających ich helofitów w dużym stopniu ograniczają działanie wiatru na zachodnie brzegi jeziora. Oczerecy największy rozwój osiągają wzdłuż wschodnich brzegów wyspy Upały. Są one tu wielogatunkowe, przy wyraźnej przewadze trzciny pospolitej. Cechą charakterystyczną oczeretów przy tym brzegu jest ich rozproszenie i postrzępienie krańca od strony jeziora. W jednych miejscach są one bardzo gęste, a w innych rzadkie i często nieregularnymi „zębami” daleko wybiegają w jezioro. Przyległe łąki podwodne są rozległe i utworzone przez liczne gatunki roślin występujących mozaikowo przy decydującej przewadze ramienic.

Roślinność wynurzona wokół wszystkich wysp zajmuje powierzchnię



43,6 ha i składa się z 5 gatunków przy znacznej przewadze *Phragmites communis*. Łączna ilość masy surowej wynosi 906,9 t (292,0 t); 20,1 t/ha (6,7 t/ha).

*Phragmites communis* zamkniętym pierścieniem otacza wszystkie wyspy tworząc oczerety małojeziorne, przeważnie bardzo zwarte i rozległe skupiska. Jedynie przy zachodnim brzegu wyspy Upały pas trzciny ze względu na konfigurację dna jest wąski. W wielu miejscach przy wyspie Upały występują znaczne zbiorowiska innych gatunków roślin, szczególnie przy wschodnim brzegu wyspy. Masa surowa trzciny pospolitej wokół wszystkich wysp wynosi 13,8 t/ha (5,2 t/ha).

*Schoenoplectus lacustris* występuje koło wyspy Upały i Piramidka jako domieszka do trzciny. Nie tworzy tu większych zbiorowisk. Masa surowa wynosi 4,2 t/ha (0,8 t/ha).

*Typha angustifolia* występuje podobnie, z tą tylko różnicą, że zasiedla miejsca bardziej zaciszne o miękkim mulistym dnie. Masa surowa wynosi 2,6 t/ha (0,6 t/ha). Pozostałe gatunki roślin (*Acorus calamus* i *Equisetum limosum*) w drobnych ilościach zasiedlają płytkie i zaciszne wody wyspy Upały.

Roślinność zanurzona wokół wysp składa się wyłącznie z łąk podwodnych. Zupełny brak roślin o liściach pływających. Szczególnie bogate łąki podwodne rozciągają się na wschód i południe od wyspy Upały. Łączą się one z łąkami podwodnymi wyspy Piramidka. Ze względu na konfigurację dna przy zachodnich brzegach wyspy Upały i przy północno-wschodnich brzegach wyspy Sosnowka pas roślinności miękkiej jest bardzo wąski, a miejscami zanika. Łączna powierzchnia łąk podwodnych koło wysp wynosi 116,4 ha. Masa roślinności miękkiej wyraża się liczbą 1331,9 t (233,2 t); 11,4 t/ha (2,0 t/ha).

*Charales* są zdecydowanymi dominantami. Występują dość równomiernie na całej powierzchni łąk podwodnych w postaci różnej wielkości płatów. Masa surowa wynosi 9,8 t/ha (1,8 t/ha).

*Elodea canadensis* występuje głównie w dolnym piętrze łąk podwodnych. Jej masa surowa wynosi 0,65 t/ha (0,07 t/ha).

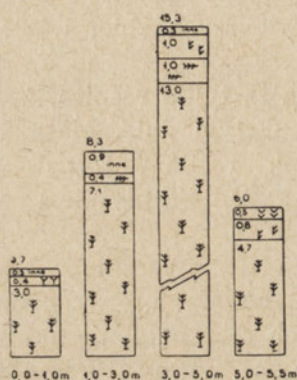
*Ceratophyllum demersum* w niewielkich ilościach występuje na całym terenie jako domieszka do innych roślin. Masa surowa rogatki sztywnego wynosi 0,5 t/ha (0,1 t/ha). Pozostałe 7 gatunków roślin występują w nieznacznych ilościach.

Płycizny śródzielne są położone w południowej części jeziora w postaci rozległych mielizn o głębokości 3 m, a niektóre ich partie są jeszcze płytsze. Są one utworzone ze żwiru i piasku i wystawione na silne działanie fal. Wskutek tego szczyty płycizn są ubogie w roślinność, a większa jej ilość rozwija się na stokach. Łączna powierzchnia litoralu płycizn wynosi 86,5 ha.



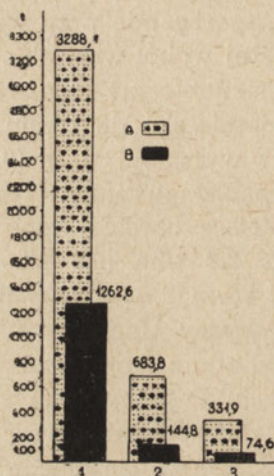
*Charales* dominują podobnie jak w innych częściach jeziora. Na szczytach pływicy są one nieliczne i rozwijają się jako ramienice niskie, a w miejscach głębszych jako ramienice wysokie. Masa surowa wynosi 6,4 t/ha (1,3 t/ha).

*Elodea canadensis* ze względu na silne falowanie występuje tylko w dolnym piętrze łąk podwodnych. Jej masa surowa wynosi 0,2 t/ha. W stosunkowo znacznych ilościach występuje *Ceratophyllum demersum*



Rys. 5. Masa surowa roślinności zanurzonej w t/ha na różnej głębokości jez. Mamry Pn.

Wet weight of submerged plants in t/ha at different depths of Mamry Północne Lake



Rys. 6. Roślinność wynurzona w jez. Mamry Pn.

Emergen plants in Mamry Północne Lake

A — masa surowa w tonach — wet weight in tons, B — masa sucha w tonach — dry weight in tons; 1 — *Phragmites communis*; 2 — *Schoenoplectus lacustris*, 3 — *Typha latifolia* + *T. angustifolia*

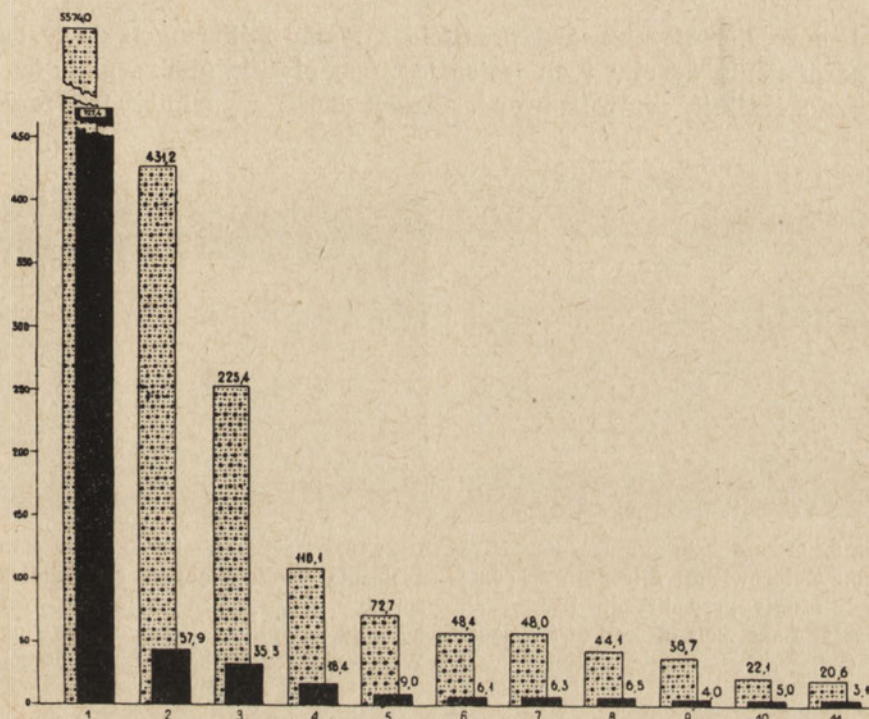
i *Potamogeton lucens*, przy czym pierwszy gatunek poniżej stoku, a drugi na szczycie pływicy. Pozostałe gatunki występują w nieznacznych ilościach.

Rozległość jeziora Mamry Północne (2504 ha), duża długość (7,6 km) i szerokość (5,2 km) oraz zwartość jego brzegów sprzyjają silnemu falowaniu. Znajduje to odbicie w wytworzeniu w wielu miejscach oczere-tów wielkojeziornych oraz charakterystycznym układzie roślinności miękkiej. Roczna produkcja surowej masy łąk podwodnych na pływicy do 1 m na 1 ha powierzchni zarosniętej wynosi 3,7 t, od 1 do 3 m — 8,3 t, a na głębokości od 3 — 5 m spada do 6,0 t (rys. 5). We wszystkich strefach głębokości dominują *Charales*, przy czym na głębokości od 3



do 5 m masa ich jest największa. *Elodea canadensis* występuje na głębokości 1—5 m. *Ceratophyllum demersum* przeważnie poniżej 5 m, a *Lemna trisulca* od 0 do 1 m.

Wśród roślinności wynurzonej wyraźnie dominuje *Phragmites communis* — 76,6%, na drugim miejscu jest *Schoenoplectus lacustris* — 15,7% i na trzecim *Typha angustigolia* — 7,6% (tab. IV). Stosunki te



Rys. 7. Roślinność zanurzona w jez. Mamry Pn.  
Submerged plants in Mamry Północne Lake

A, B zob. rys. 6 — see fig. 6; 1 — *Charales* sp., 2 — *Elodea canadensis*, 3 — *Ceratophyllum* sp., 4 — *Fontinalis antipyretica*, 5 — *Lemna trisulca*, 6 — *Potamogeton perfoliatus*, 7 — *Myriophyllum* sp., 8 — *Potamogeton lucens*, 9 — *Potamogeton trichoides*, 10 — *Batrachium circinatum*, 11 — *Potamogeton pectinatus*

ilustruje rys. 6, na którym jest także uwidoczniona masa surowa i wysuszona helofitów.

Roślinność zanurzona i o liściach pływających w 83,9% składa się z *Charales*. Udział *Elodea canadensis* wynosi 6,5% i *Ceratophyllum demersum* 3,3%. Na specjalne podkreślenie zasługuje duża ilość *Lemna trisulca* — 1,2% (tab. V, rys. 7).

Roślinność naczyniowa występuje na powierzchni 815,5 ha wytwa-



rzając rocznie 10 996,0 t masy surowej, tj. 2580,3 t po wysuszeniu. Składa się na to roślinność wynurzona 4348,8 t (1498,7 t) i zanurzona 6647,2 t (1081,6 t). W przeliczeniu na jednostkę powierzchni pokrytej roślinnością stanowi to dla roślinności wynurzonej 23,9 t/ha (8,7 t/ha) i dla zanurzonej 10,5 t/ha (1,7 t/ha).

#### b. Jezioro Kirsajty

Jezioro Kirsajty stanowi przejście z Mamr Północnych do Darginu. W odróżnieniu od obu tych jezior jest ono płytkie (maks. głęb. 5,8 m), zaciszne i silnie zeutrofizowane. Osady denne wypełniły już zagłębienie



Rys. 8. Oczerety otaczające jez. Kirsajty. Zbiorowisko *Phragmites communis* przy brzegu SW

Kirsajty Lake. Belt of reed of SW coast



Rys. 9. Zachodni brzeg jez. Kirsajty z licznie występującymi roślinami o liściach pływających (*Nuphar luteum*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton natans*)

West coast of Kirsajty Lake, association of submerged plants

śródojeziorne i osiągnęły poziom ławicy przybrzeżnej. Przezroczystość wody waha się w szerokich granicach, od 1,8 do 4,4 m (tab. III). Pozwala to na rozwój roślinności zanurzonej na całej powierzchni dna.

Z soli mineralnych rozpuszczanych w wodzie zasługuje na uwagę wysoka zawartość magnezu (13,8 mg/l) i potasu (4,1 mg/l) (tab. II). Oczerety zwartym pasem otaczają jezioro i w wielu miejscach łączą się z przyległymi szuwarami (rys. 8). Szczególnie wypłycony, zabagniony i zarośnięty jest zachodni brzeg jeziora. Licznie rozwijają się tu rośliny o liściach pływających (rys. 9).

Roślinność wynurzona występuje zwartym pasem wokół jeziora odcinając niejako lustro wody od płytkiego litoratu (tab. VII). W wielu miejscach oczerety łączą się z szuwarami przybrzeżnymi. Powierzchnia



Tab.VII. Biomasa roślin wynurzonych w jeziorze Kirsajty w tonach  
Biomass of emergent plants in Kirsajty Lake in tons

Odcinki brzegu Shore section	Pow. Area ha	Ilość prób Number of samples	Phragmites communis	Typha angustifolia	Schoenoplectus lacustris	Razem Total
			sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.
Wsch. część E-part, prof. 1-11, 22-23	36,5	33	322,2 130,7	291,7 54,3	129,5 27,5	743,4 215,5
Zach. część W-part, prof. 12-21	21,1	17	234,7 90,2	401,0 15,3	- -	635,7 105,5
Wyspy we wsch. części Islands in E-part	4,5	3	41,4 17,2	- -	52,3 13,6	93,7 30,8
Razem - Total	62,1	43	598,3 238,1	692,7 69,6	181,8 41,1	1472,8 348,8
Średnio t/ha Average			9,6 3,9			
Udział gatunków % Participation of species %			40,7	46,6	12,7	100,0

Tab.VIII. Biomasa roślin o liściach pływających i zanurzonych w jeziorze Kirsajty w tonach  
Biomass of plants those with floating leaves and plants submerged in Kirsajty Lake in tons

Odcinki brzegu Shore section	Pow. Area ha	Ilość prób Number of samples	Charales	Elodea canadensis	Myriophyllum sp.	Ceratophyllum sp.	Potamogeton lucens	Potamogeton perfoliatus	Potamogeton natans	Nuphar luteum	Lemna triuncialis	Razem Total
			sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.
E, Profile 1-4, 7-10	120,8	47	3090,0 277,3	21,4 2,2	- -	14,1 0,9	44,5 5,0	11,0 0,1	8,9 1,0	8,0 2,5	0,7 0,1	3198,6 289,1
W, Profile 5-6	16,9	12	297,6 26,3	11,6 0,6	68,3 9,8	- -	3,7 0,5	- -	7,2 1,4	9,5 1,9	37,0 1,6	434,9 42,1
Razem - Total	137,7	59	3387,6 303,6	33,0 2,8	68,3 9,8	14,1 0,9	48,2 5,5	11,0 0,1	16,1 2,4	17,5 0,4	37,7 1,7	3633,5 331,2
Średnio - Average t/ha			24,6 2,2	0,2 0,02	0,4 0,07	0,10	0,3 0,04	0,08	0,11 0,01	0,12 0,03	0,27 0,01	26,38 2,40
Udział gatunków % Participation of species %			93,2	0,9	1,9	0,4	1,4	0,3	0,4	0,5	1,0	100,0

Tab.IX. Biomasa roślinności maczyniowej w jeziorze Kirsajty w tonach  
Biomass of macrophytes in Kirsajty Lake in tons

Roślinność Plants	Pow. Area ha	Masa surowa Wet weight	Masa sucha Dry weight	Kg/ha pow.zarośniętej Kg/ha from overgrown area		Kg/ha pow.całego jez. Kg/ha from the total lake area	
				surowa wet	sucha dry	surowa wet	sucha dry
Wynurzona - Emergent	62,1	1485	409	21,1	5,8	7,1	1,9
Zanurzona - Submerged	137,7	3634	332	26,5	2,4	17,5	1,6
Średnio - Average	199,8	5149	741	25,7	3,7	24,8	3,6



oczeretów wynosi 62,1 ha. Łączna ich masa surowa wynosi 1472,8 t (348,8 t); stanowi to 23,6 t/ha (5,6 t/ha).

*Phragmites communis* w wielu miejscach (zachodni i częściowo południowy brzeg oraz koło wyspy) występuje w postaci jednogatunkowych zbiorowisk, przy pozostałych brzegach jako domieszka. W wielu miejscach trzciniowiska tak są silnie rozwinięte, że z wielkim tylko trudem może przez nie przedrzeć się mała łódeczka. Masa surowa trzciny wynosi 9,6 t/ha (3,8 t/ha).

*Typha angustifolia* jest gatunkiem dominującym. W wielu miejscach tworzą się rozległe zbiorowiska jednogatunkowe. Szczególnie dużo jej występuje koło zachodnich brzegów. Liczna jest także przy północnym brzegu i częściowo przy wschodnim (koło mostku), ale przeważnie już jako domieszka do trzciny pospolitej. Masa surowa pałki wąskolistnej wynosi 11,1 t/ha (1,1 t/ha).

*Schoenoplectus lacustris* jest trzecim i najmniej liczny składnikiem oczeretów. Występuje przeważnie jako domieszka do trzciny przy północnym i miejscami w większej ilości przy zachodnim brzegu. Masa surowa wynosi 2,9 t/ha (0,6 t/ha).

Roślinność zanurzona występuje na powierzchni 119,7 ha (tab. VIII). Łąki podwodne pokrywają całe dno śródziejorza. W wielu miejscach, a szczególnie przy zachodnich brzegach, w wyniku słabego falowania, licznie występuje roślinność o liściach pływających. Najliczniej występują *Charales*, następnie: *Myriophyllum* sp., *Lemna trisulca*, *Elodea canadensis* i 5 innych gatunków, ale już w znacznie mniejszej ilości. Roczna produkcja masy surowej wynosi 3633,5 t (331,2 t); 30,4 t/ha (2,8 t/ha). *Charales* zdecydowanie dominują pod względem zajętej powierzchni i masy. Występują na różnych głębokościach, a w śródziejzrzu zwartym łanem pokrywają całe dno. Jedynie miejscami między ramienicami występują kępki innych roślin. Masa surowa wynosi 28,2 t/ha (2,5 t/ha). *Myriophyllum* sp. występuje przeważnie dużymi płatami na miękkim dnie w zachodniej części jeziora. Masa surowa wynosi 0,5 t/ha (0,08 t/ha). Na trzecim miejscu co do wielkości masy roślinnej jest *Potamogeton lucens*. Występuje on niedużymi skupieniami na stoku w różnych częściach jeziora, a szczególnie w północno-zachodniej części. Roczna produkcja jego masy surowej wynosi 0,4 t/ha (0,04 t/ha). Stwierdzono także zbliżone ilości *Lemna trisulca*. Drobna ta roślina występuje w olbrzymiej ilości egzemplarzy zaściełając miejscami dno grubą warstwą. Spotyka się ją za pasem oczeretów. Masa surowa wynosi 0,31 t/ha (0,01 t/ha). W nieco mniejszych ilościach występuje *Elodea canadensis*. Jej drobne skupienia spotyka się w południowej i we wschodniej części jeziora. W zachodniej części jeziora występują znaczne ilości *Nuphar luteum* — surowa masa — 0,14 t/ha i *Potamogeton natans* — 0,13 t/ha. *Cerato-*

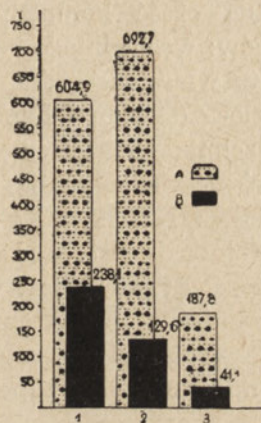


*phyllum demersum* zasiedla południowo-wschodnią odnogę jeziora, przeważnie dużymi kępami w śródzieżerzu. Masa surowa wynosi 0,12 t/ha. *Potamogeton perfoliatus* spotyka się w drobnych ilościach (0,09 t/ha surowej masy).

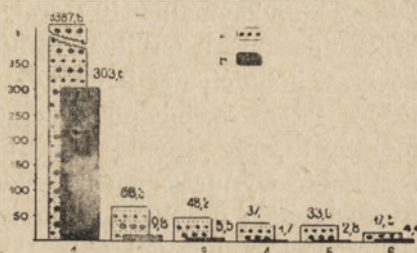
Mimo małej głębokości jeziora zróżnicowanie strefowe flory jest duże. Poniżej 3 m występują wyłącznie ramienice przy nieznacznej



Rys. 10\*



Rys. 11



Rys. 12

Rys. 10. Masa surowa roślinności zanurzonej w t/ha na różnej głębokości jez. Kirsajty

Wet weight of submerged plants in t/ha at different depths of Kirsajty Lake

Rys. 11. Roślinność wynurzona w jez. Kirsajty  
Emergent plants in Kirsajty Lake

A, B zob. rys. 6 — see fig. 6; 1 — *Phragmites communis*, 2 — *Typha latifolia*, 3 — *Schoenoplectus lacustris*

Rys. 12. Roślinność zanurzona w jez. Kirsajty  
Submerged plants in Kirsajty Lake

1 — *Charales* sp., 2 — *Myriophyllum* sp., 3 — *Potamogeton lucens*, 4 — *Lemna trisulca*, 5 — *Elo-dea canadensis*, 6 — *Nuphar luteum*

domieszce rdestnicy połyskującej (rys. 10). Helofity w 46,6% surowej masy są reprezentowane przez *Typha angustifolia*. *Phragmites communis* stanowi 40,7% i *Schoenoplectus lacustris* 12,7% (tab. VII, rys. 11).

Spośród miękkiej roślinności *Charales* są zdecydowanymi dominantami stanowiąc aż 93,2% surowej masy. Na drugim miejscu znajduje się *Myriophyllum* sp. — 1,9%. Pozostałe gatunki stwierdzono w niewielkiej ilości (tab. VIII, rys. 12).

Roślinność naczyniowa w jez. Kirsajty występuje na całej powierzchni dna wytwarzając rocznie 5149 t masy surowej, tj. 741 t po wysusze-



niu. Z przeliczenia na jednostkę powierzchni pokrytej roślinnością roczna produkcja makrofitów w całym jeziorze wyraża się olbrzymią liczbą 25,7 t/ha (3,7 t/ha); tzn. prawie dwukrotnie więcej masy surowej niż w Mamrach Północnych, a na 1 ha całego obszaru jeziora prawie pięciokrotnie więcej (tab. IX).

### c. Jezioro Dargin

Jezioro Dargin stanowi centralną część kompleksu jez. Mamry (rys. 1). Składa się ono z dwu basenów: wschodniego — Darginu i północno-zachodniego — Lababu. Jest to właściwie jeden zbiornik o dwu nazwach. Z tego względu oba te jeziora (Dargin i Labab) w niniejszej pracy potraktowano łącznie. Powierzchnia obu jezior wynosi 3030 ha. Długość maksymalna 10,1 km, szerokość maksymalna 5,6 km (tab. I). Wobec przebiegu najdłuższej osi jeziora z NW na SO i otwartości brzegów wschodnich działanie wiatru na jezioro jest bardzo silne. Widoczne to jest na wschodnim brzegu jeziora. Brzeg tu jest w postaci psammolitoralu, przeważnie brak jest helofitów, a występująca miejscami roślinność wynurzona jest przeważnie w postaci oczeretów wielkojeziornych. Ławica przybrzeżna w wielu miejscach jest zupełnie pozbawiona roślinności zanurzonej (rys. 13).

Brzeg południowo-zachodni i północno-zachodni (od Wysokiego Rogu po miejscowość Labab) jest na całej długości zarośnięty oczeretami. Na odcinku od Wysokiego Rogu po Fuledzki Róg łąki podwodne są mało rozległe, a od Krzywego Rogu na północ zajmują duże powierzchnie (rys. 13).

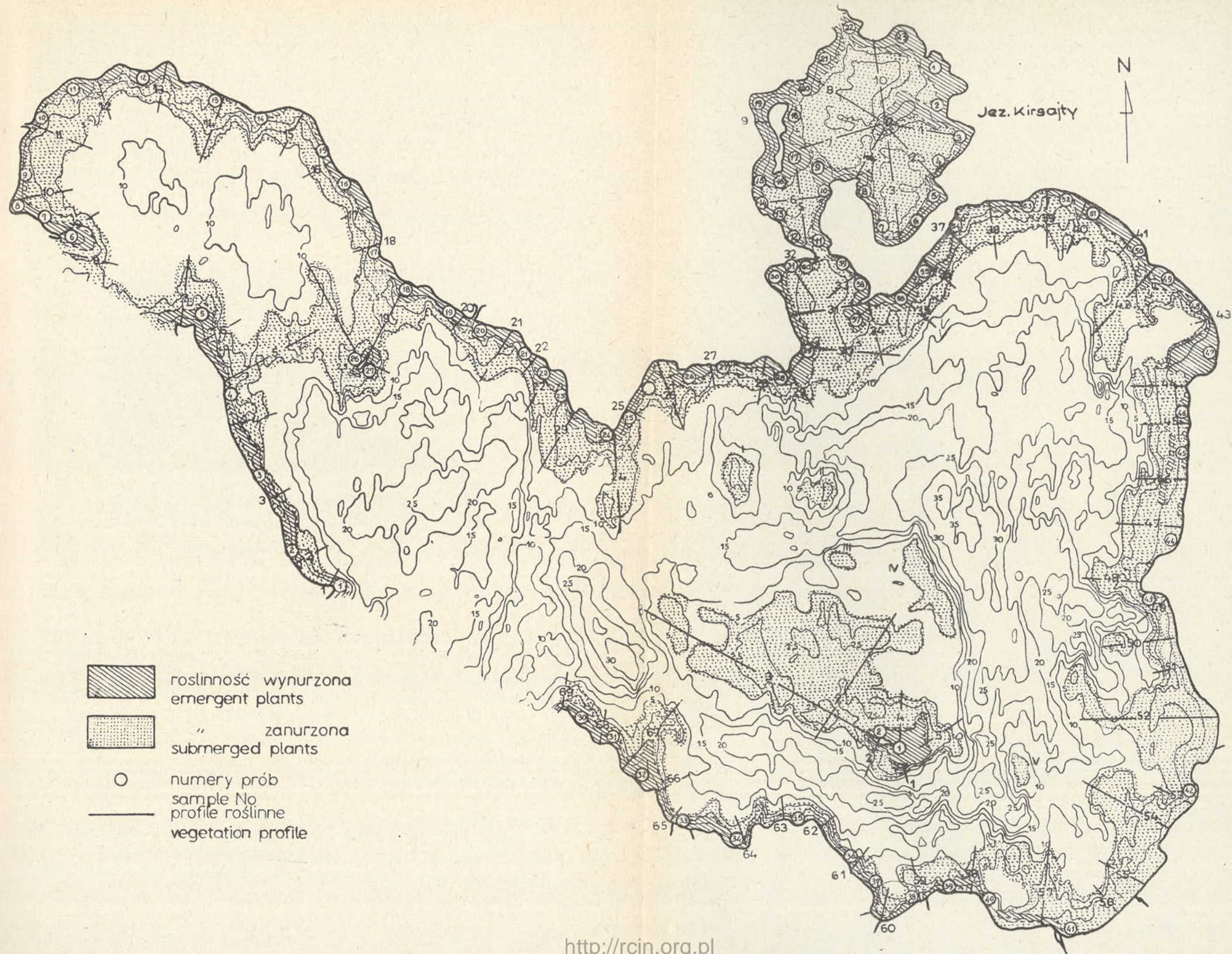
Roślinność wynurzona występuje w postaci linii ciągłej, profile 1—14. Koło Wysokiego Rogu oczerety są wielkojeziorne, w okolicy Fuledzkiego i Krzywego Rogu — małegojeziorne i zajmują duże obszary. Powierzchnia helofitów wynosi 21,5 ha. Roczna produkcja masy surowej wyraża się liczbą 483,52 t (184,59 t); 22,48 t/ha (8,58 t/ha powierzchni zarośniętej (tab. X).

*Phragmites communis* jest gatunkiem zdecydowanie dominującym, występuje w postaci jednogatunkowych zwartych zbiorowisk. Roczna produkcja masy surowej jest wysoka i wyraża się liczbą 18,7 t/ha (7,67 t/ha).

*Typha angustifolia* i *Schoenoplectus lacustris* występują w drobnych ilościach w postaci małych płatów wśród trzciny pospolitej (tab. X).

Roślinność zanurzona (tab. XI) w tej partii litoralu występuje na znacznym obszarze wynoszącym 115,2 ha. Profile 1—14. Na płycznach za pasem oczeretów koło Wysokiego Rogu wskutek silnego działania fal roślinność zanurzona jest uboga. Natomiast koło Fuledzkiego, a szcze-





<http://rcin.org.pl>

Rys. 13. Jeziora Kirsajty i Dargin — Kirsajty and Dargin Lakes



gólnie na północny zachód od Krzywego Rogu jest szczególnie bogata, wielogatunkowa i dochodzi do oczeretów. Łączna ilość masy surowej roślinności miękkiej wynosi 588,39 t (65,13 t). Średnio 5,11 t/ha (0,56 t/ha). Ilość masy roślinnej łąk podwodnych na jednostkę powierzchni w porównaniu z innymi częściami Mamr jest niska.

*Charales* występują na różnych głębokościach i miejscami są liczne na pływaczach przyległych do oczeretów. Masa surowa ramienic wynosi 2,3 t (0,29 t).

*Elodea canadensis* po ramienicach jest najliczniejszym składnikiem łąk podwodnych, występuje przeważnie w dolnym ich piętrze tworząc



Rys. 14. Wschodni brzeg jez. Dargin. Widoczna abrazja brzegu wskutek silnego działania fal  
East coast of Dargin Lake

miejscami znaczne płyty jednogatunkowe. Masa surowa wynosi 1,35 t/ha (0,13 t/ha).

Trzecim gatunkiem co do ilości masy roślinnej jest *Ceratophyllum demersum*. Występuje przeważnie na głębokości około 3 m. Roczna produkcja masy surowej jest niewysoka i wynosi 0,70 t/ha (0,07 t/ha). Pozostałe gatunki roślin w ilości 8 występują w niewielkich ilościach w rozproszonych stanowiskach na różnych głębokościach. Jedynie *Batrachium circinatum* i *Patamogeton compressus* miejscami tworzą większe zbiorowiska.

Brzeg północny od miejscowości Labab po wschodni kraniec jeziora charakteryzuje się postrzępionym pasem oczeretów, które występują tu w postaci nieregularnego pasa wzdłuż brzegów. W paru miejscach brak jest roślinności wynurzonej. Łąki podwodne rozległe,



bogate w roślinność. Dno w płytkim litoralu przeważnie twarde. Działanie wiatru na brzeg mierne.

Roślinność wynurzona składa się z dwu gatunków przy znacznej przewadze *Phragmites communis*, profile 15—32 i 47—60. Pas oczeretów jest nieregularny. W jednych miejscach helofity są nieliczne, a w innych występują bardzo zwarcie tworząc rozległe zbiorowiska na dużym obszarze. Pas oczeretów od strony jeziora często jest nieregularny, a w niektórych miejscach rośliny występują w rozproszeniu. Powierzchnia helofitów przy tym brzegu wynosi 82,1 ha. Łączny ich ciężar w stanie surowym wyraża się liczbą 2230,18 t ((754,00 t); 28,38 t/ha (9,18 t/ha).

*Phragmites communis* jest gatunkiem dominującym. W wielu miejscach występuje w postaci zbiorowisk jednogatunkowych, często jednak ze znaczną domieszką *Schoenoplectus lacustris*. Masa surowa wynosi 16,76 t/ha (8,22 t/ha).

*Schoenoplectus lacustris* w niektórych tylko miejscach tworzy nieduże skupienia, przeważnie jednak występuje jako domieszka do trzciny. Masa surowa sitowia jeziornego wynosi 3,51 t/ha (0,77 t/ha). *Typha angustifolia* występuje w drobnych ilościach.

Roślinność zanurzona w tej partii litoralu występuje na obszarze 237,9 ha. Profile 15—43. Ze względu na znaczne falowanie rośliny o liściach pływających występują tylko w jednym miejscu (koło Sztynortu) pod osłoną oczeretów. Roczna produkcja łąk podwodnych wynosi 1248,26 t (140,04 t); 5,25 t/ha (0,58 t/ha).

*Charales* są zdecydowanymi dominantami. Występują na różnych głębokościach, szczególnie poniżej 2,5 m. Masa surowa wynosi 3,81 t/ha (0,41 t/ha).

Pozostałe gatunki roślin w liczbie 12 występują w rozproszeniu i w niedużych ilościach (tab. XI). Jedynie *Batrachium circinatum* w okolicy stoku tworzy miejscami większe zbiorowiska.

Brzeg wschodni jest najbardziej narażony na silne działanie fal. Litoral jest piaszczysty, a oczerety występują tylko w paru miejscach w postaci małych kępek (rys. 14). Płycizny przybrzeżne też są pozbawione roślinności zanurzonej. Na głębokości 0,4 m pojawiają się niskie ramiennice.

Roślinność wynurzona występuje w postaci kilku małych kępek *Phragmites communis* i *Schoenoplectus lacustris* o łącznej powierzchni 3,8 ha. Produkcja roczna helofitów w stanie surowym wynosi 129,03 t (44,95 t), 32,00 t/ha (11,82 t/ha).

Roślinność zanurzona występuje na obszarze 162,8 ha. Główna jej masa rozwija się w okolicy stoku. Ławice przybrzeżne są ubogie w roślinność naczyniową, rozwijają się tu ramiennice niskie i *Potamo-*



*geton pectinatus*. Profile 44—56. Roczna produkcja łąk podwodnych w tej partii litoralu wynosi 872,65 t (88,40 t). Wynosi to 5,38 t/ha (0,54 t/ha).

*Charales* z wyjątkiem pływaczki przybrzeżnej, gdzie nie występuje żadna roślinność, zasiedlają cały litoral. Największa ich masa przypada na dolną partię litoralu. Masa surowa wynosi 4,06 t/ha (0,99 t/ha).

Pozostałe gatunki roślin naczyniowych w liczbie 10 występują w rozproszaniu i w stosunkowo niedużych ilościach.

Brzeg południowy od wschodniego krańca jeziora do Królewskiego Rogu na całej długości jest narażony na znaczne działanie wiatrów północnych. Znajduje to swój wyraz w często kamienistej budowie brzegów i występowaniu w niektórych miejscach oczeretów wielkojeziornych. Łąki podwodne niezbyt rozległe. Roślinność miękka w okolicy oczeretów uboga (silne falowanie).

Roślinność wynurzona rozwija się na powierzchni 23,3 ha. Profile 30—42. Przeważa *Phragmites communis*. Masa surowa helofitów wynosi 750,21 t (227,52 t); 32,19 t/ha (9,76 t/ha).

*Phragmites communis* występuje zwarcie w postaci zbiorowisk jednogatunkowych ciągnących się przerywanym pasem wzdłuż całego brzegu. Przy brzegu trzcina jest drobna i rozproszona. Roczna produkcja masy surowej jest wysoka i wynosi 25,77 t/ha (8,22 t/ha).

*Schoenoplectus lacustris* występuje w postaci kilku rozległych kęp od strony jeziora. Masa surowa — 4,99 t/ha (1,26 t/ha). W paru miejscach zasłoniętych od falowania i na dnie zamulonym występuje *Carex* sp. Masa surowa 1,49 t/ha (0,23 t/ha).

Roślinność zanurzona ze względu na konfigurację dna występuje stosunkowo wąskim pasem. Profile 57—69. Powierzchnia łąk podwodnych wynosi 72,1 ha. Masa surowa roślinności miękkiej wyraża się liczbą 269,11 t (31,41 t); 3,73 t/ha (0,43 t/ha).

*Charales*, chociaż dominują, występują jednak w znacznie mniejszych ilościach niż przy innych brzegach. Masa surowa wynosi 1,69 t/ha (0,16 t/ha). Pozostałe gatunki roślin w liczbie 13 występują przeważnie w rozproszaniu i w niedużej ilości. Wyspy o łącznej powierzchni 3,5 ha. Dwie z nich znajdują się na rozległej płyciźnie śródzieziornej, a jedna w centralnej części jez. Labab. Od strony północnej do dwu wysp na Darginie przylega rozległe trzcinowisko. Od strony zachodniej i północnej przylega olbrzymia pływaczka gliniasto-ilasta, gdzie na głębokości do 5 m rozwijają się łąki podwodne. Z powodu jednak silnego działania fal produkcja masy roślinnej jest raczej skromna.

Roślinność wynurzona zajmuje obszar 10,2 ha i składa się głównie z *Phragmites communis*. Masa surowa wynosi 268,83 t (98,95 t); 26,35 t/ha (9,70 t/ha).



Tab.X. Biomasa roślin wynurzonych w jeziorze Dargin w tonach  
Biomass of emergent vegetation in Dargin Lake in tons

Odcinki brzegu Shore section	Pow. Area ha	Ilość prób Number of samples	Phragmites communis	Typha angustifolia	Schoenoplectus lacustris	Carex sp.	Razem - Total
			sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.
Brzeg pn.-zach. i pn. N-W and N-shore prof. 1-14	21,5	18	402,05 164,99	63,07 14,29	18,40 5,31	- -	483,52 184,59
Brzeg pn., N-shore prof. 15-32, 47-60	82,1	70	1875,42 674,72	65,58 15,93	288,58 63,35	- -	2230,18 754,00
Brzeg wsch., E-shore prof. 41-46	3,8	7	89,23 37,42	- -	39,80 7,53	- -	129,03 44,95
Brzeg pd., S-shore prof. 30-42	23,3	23	600,57 191,67	- -	116,32 29,45	34,92 5,40	750,21 227,52
Wyspy - Islands prof. 26-27	10,2	9	264,35 92,07	- -	4,48 0,88	- -	268,83 98,95
Razem - Total	140,9	127	3230,62 1166,37	128,65 30,22	467,58 106,52	34,92 5,40	3861,77 1309,01
Średnio t/ha Average			22,93 8,28	0,91 0,21	3,32 0,75	0,25 0,03	27,40 9,29
Udział gatunków % Participation of species in %			83,64	3,33	13,03		100,0

Tab.XIII. Biomasa roślinności naczyniowej w jeziorze Dargin w tonach  
Biomass of macrophytes in Dargin Lake in tons

Roślinność Plants	Pow. Area ha	Masa surowa Wet weight	Masa sucha Dry weight	t/ha pow. zarosniętej t/ha of overgrown area		t/ha pow. ogólnej jeziora t/ha of total lake area	
				masa surowa wet weight	masa sucha dry weight	masa surowa wet weight	masa sucha dry weight
Wynurzona - Emergent	140,9	3861,77	1309,01	27,40	9,21	1,30	0,44
Zanurzona - Submerged	762,9	3570,30	419,46	4,68	0,55	1,21	0,14
Razem - Total	903,8	7432,07	1728,47	8,22	1,91	2,51	0,59



Tab.XI. Biomasa roślin zanurzonych i o liściach pływających jeziora Dergin w tonach  
 Biomass of submerged plants and those with floating leaves in Dergin Lake in tons

Odcinki brzegu Shore section	Pow. Area ha	Ilość prób Number of samples	Cherales	Elodea canadensis	Myriophyllum sp.	Ceratophyl- lum sp.	Potamogeton lucens	Potamogeton perfoliatus	Potamogeton trichoides	Potamogeton compressus
			sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.
Brzeg pd.-zach. i pn.-zach. S-W and N-W shore prof. 1-14	115,2	63	279,34	155,95	2,41	80,80	19,26	9,73	31,31	0,15
			33,98	14,64	0,20	8,70	3,18	0,40	2,63	0,01
Brzeg pn.-N-shore prof. 15-43	237,9	137	908,45	71,64	-	1,99	45,15	25,37	67,50	0,07
			98,86	8,36	-	0,19	6,57	3,94	8,14	-
Brzeg wsch. E-shore prof. 44-56	162,2	70	658,58	40,85	2,14	7,59	16,70	11,76	21,33	0,32
			63,61	3,98	0,24	0,75	2,74	1,59	2,01	0,05
Brzeg pd.-S-shore prof. 57-69	72,1	70	122,44	22,18	0,52	-	2,03	3,29	27,42	1,96
			11,87	2,03	0,05	-	0,50	0,32	3,31	0,22
Wyspy i płycizny śródzieżorne Islands and mid- lake shoals	175,5	55	519,55	6,32	-	-	26,31	9,50	14,57	-
			86,39	0,68	-	-	3,74	1,05	0,92	-
Razem - Total	762,9	395	2479,66	296,94	5,07	90,38	104,55	59,65	162,13	2,50
			294,71	29,69	0,49	9,64	16,71	7,36	17,01	0,28
Średnio Average t/ha			3,25	0,39	-	0,12	0,14	0,08	0,21	-
			0,38	0,04	-	0,01	0,02	0,01	0,02	-
Udział gatunków % Participation of species in %			69,45	8,31	0,15	2,53	2,91	1,67	4,54	0,07

Odcinki brzegu Shore section	Potamogeton pectinatus	Potamogeton natans	Polygonum emphibium	Bettrichium circinatum	Fontinalis antipyretica	Lemna trisulca	Nuphar luteum	Stratiotes aloides	Razem - Total
	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.
Brzeg pd.-zach. i pn.-zach. S-W and N-W shore prof. 1-14	-	-	-	1,10	0,51	16,79	-	-	588,3
	-	-	-	0,11	0,08	1,14	-	-	65,1
Brzeg pn.-N-shore prof. 15-43	2,00	11,74	-	67,13	14,24	32,63	5,05	-	1248,26
	0,24	1,29	-	7,54	1,18	3,09	0,64	-	140,04
Brzeg wsch. E-shore prof. 44-56	83,83	-	-	25,49	4,06	-	-	-	872,65
	9,54	-	-	3,47	0,42	-	-	-	88,40
Brzeg pd.-S-shore prof. 57-69	44,10	2,80	1,00	21,14	11,39	5,90	-	2,84	269,11
	8,47	0,40	0,16	2,19	1,10	0,54	-	0,25	31,41
Wyspy i płycizny śródzieżorne Islands and mid- lake shoals	-	-	-	15,74	-	-	-	-	574,05
	-	-	-	1,70	-	-	-	-	91,32
Razem - Total	129,93	14,54	1,00	130,60	30,20	55,26	5,05	2,84	3570,30
	18,25	1,69	0,16	15,01	2,78	4,77	0,64	0,25	419,46
Średnio Average t/ha	0,17	0,01	-	0,17	0,04	0,07	-	-	4,68
	0,02	-	-	0,01	-	-	-	-	0,55
Udział gatunków % Participation of species in %		3,64	0,40	0,02	3,65	0,84	1,55	0,08	100,0

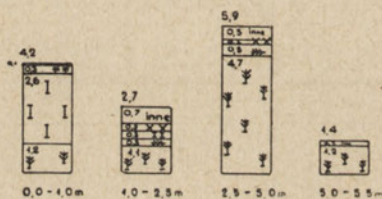


*Phragmites communis* koło wysp Poganckich tworzy zwarte zbiorowisko jednogatunkowe, a koło wyspy Ilmy z niedużą domieszką *Schoenoplectus lacustris*. Masa surowa — 25,9 t/ha (9,61 t/ha) (tab. X).

Roślinność zanurzona występuje na powierzchni 175,5 ha. Charakteryzuje się gatunkami znoszącymi silne falowanie. Z tego względu ilość występujących tu gatunków roślin jest mała. Niska jest także i ilość ich masy. Masa surowa wynosi 574,05 t (91,32 t); 3,27 t/ha (0,52 t/ha).

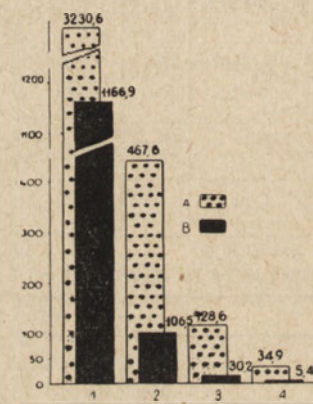
*Charales* stanowią główny składnik łąk podwodnych. Ich masa surowa wynosi 2,96 t/ha (0,49 t/ha). Pozostałe 4 gatunki roślin występują w małych ilościach.

Rozległość jez. Dargin, jego otwartość brzegów powoduje silne falowanie, co znajduje odbicie w szacie roślinnej. W wielu miejscach ocze-



Rys. 15. Masa surowa roślinności zanurzonej w t/ha na różnej głębokości jez. Dargin

Wet weight submerged plants in t/ha at different depths of Dargin Lake



Rys. 16. Roślinność wynurzona w jez. Dargin

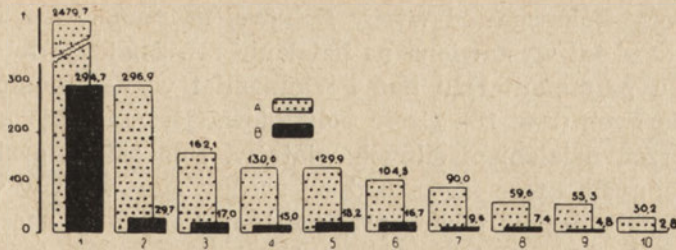
Emergent plants in Dargin Lake

A, B zob. rys. 6 — see fig. 6; 1 — *Phragmites communis*, 2 — *Schoenoplectus lacustris*, 3 — *Typha angustifolia*, 4 — *Carex* sp.

rety nie występują, często są one wielkojeziorne. Z tych też przyczyn, mimo rozległości łąk podwodnych, roczna ich produkcja jest niska, najwyższa produkcja istnieje na głębokości 2,5—5,0 m. Masa surowa wynosi tam 5,9 t/ha.

We wszystkich strefach litoralu dominują *Charales*, jedynie na pływnicach do 1 m przeważa *Potamogeton pectinatus* (rys. 15). Roślinność naczyniowa w jez. Dargin rozwija się na powierzchni 903,8 ha wytwarzając rocznie 7432,07 t (1728,47 t). Składa się na to 3861,77 t (1309,01 t) roślinności wynurzonej i 3570,30 t (419,46 t) roślinności zanurzonej. Na powierzchnię pokrytą roślinnością przypada 8,22 t/ha (1,91 t/ha) (tab. XII).





Rys. 17. Roślinność zanurzona w jez. Dargin  
Submerged plants in Dargin Lake

A, B zob. rys. 6 — see fig. 6; 1 — *Charales* sp., 2 — *Elodea canadensis*, 3 — *Potamogeton trichoides*, 4 — *Batrachium circinatum*, 5 — *Potamogeton pectinatus*, 6 — *Potamogeton lucens*, 7 — *Ceratophyllum demers.*, 8 — *Potamogeton perfoliatus*, 9 — *Lemna trisulca*, 10 — *Fontinalis antipyretica*

Roślinność wynurzona w 83,64% składa się z *Phragmites communis*, na drugim miejscu jest *Schoenoplectus lacustris* 13,03% (tab. X, rys. 8). Roślinność zanurzona składa się głównie z *Charales* — 69,45%, na drugim miejscu *Potamogeton trichoides* — 4,54%, w dalszej kolejności *Batrachium circinatum* 3,65% i *Potamogeton pectinatus* 3,64% w stanie surowym (tab. XI, rys. 17).

#### d. Jezioro Kisajno

Jezioro Kisajno jest najbardziej na południe wysuniętą odnogą kompleksu Mamr. Poza jez. Kirsajty jest to najpłytsza część Mamr. Średnia głębokość wynosi 8,4 m. Stosunek długości do szerokości wyraża się liczbą 2,8, a rozwój linii brzegowej — 3,2. Powierzchnia wynosi 1896 ha



Rys. 18. Wschodni brzeg jez. Kisajno. Oczerety wielko-  
jeziorne na północ od Ptasiego Rogu  
East coast of Kisajno Lake



(tab. I). Część północna (od wyspy Dębowej na północ) jest rozleglejsza, głębsza i bardziej wystawiona na działanie fal. Znajduje to swój wyraz w istnieniu psammolitoralu pod Perkunami i występowaniu oczeretów wielkojeziornych (rys. 18). Część południowa jest znacznie płytsza i zasłonięta przed działaniem silnych wiatrów. Dno zalega gruba warstwa osadów dennych, które na zachód od archipelagu wysp w wielu miejscach osiągnęły poziom ławicy przybrzeżnej. Roślinność naczyniowa pod względem jakościowym i ilościowym jest bardzo bogata (rys. 19).

Brzeg zachodni (od Królewskiego Rogu do kanału Łuczańskiego) na całej długości charakteryzuje się stosunkowo wąskim pasem oczeretów, które w części północnej jeziora są wielkojeziorne, a w południowej małegojeziorne. Łąki podwodne mało rozległe, jedynie w okolicy Ptasiego Rogu i Olchowego Rogu zajmują większe przestrzenie (rys. 19).

Roślinność wynurzona (tab. XIII) w północnej części jest słabo rozwinięta, natomiast liczniej występuje na południe od Olchowego Rogu. Zarasta ona tu zwartym pasem pływaczki przy samym brzegu. Helofity rozwijają się na powierzchni 28,8 ha. Biomasa ich w stanie surowym wynosi 649,53 t (212,54 t); 22,55 t/ha (7,38 t/ha).

*Phragmites communis* jest gatunkiem dominującym. Najliczniej występuje koło Olchowego Rogu oraz przy ujściu rzeczki Uszy (odpływ jez. Wojsak). Roczna produkcja masy surowej wynosi 17,6 t/ha (6,40 t/ha).

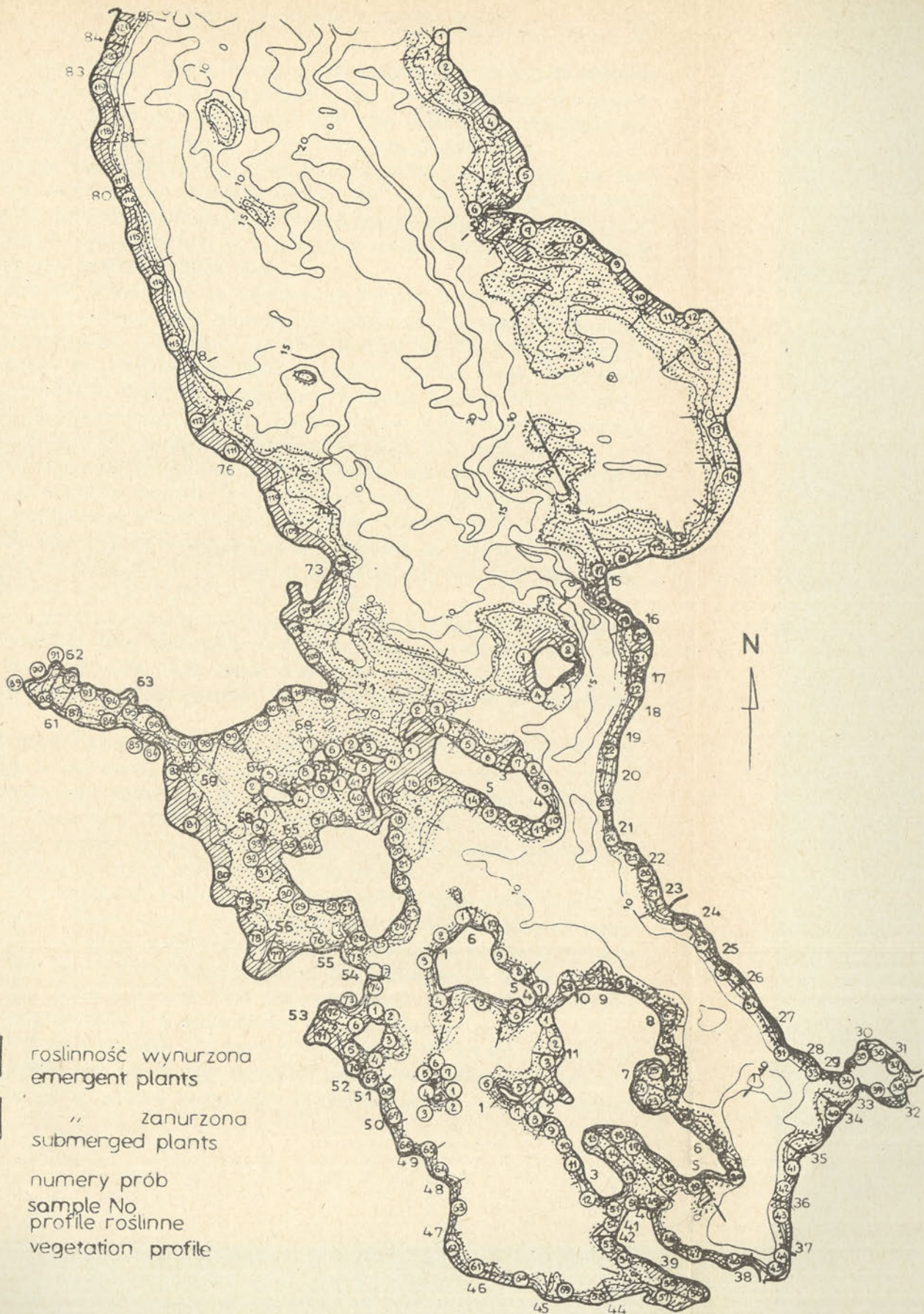
*Schoenoplectus lacustris* występuje przeważnie jako domieszka do trzciny. Zaledwie w paru miejscach tworzy zwarte jednogatunkowe małe zbiorowiska przy samym brzegu. Masa surowa wynosi 3,07 t/ha (0,56 t/ha). Pozostałe składniki oczeretów (*Typha angustifolia*, *Acorus calamus* i *Equisetum limosum*) występują w nieznacznych ilościach, w miejscach zacisznych pod osłoną trzciny, wypłyconych i o miękkim dnie.

Roślinność zanurzona występuje na powierzchni 161,8 ha (tab. XIV). Ze względu na konfigurację dna najrozleglejsze łąki podwodne znajdują się w północnej części jeziora (zatoka Perkunowska). W części południowej roślinność zanurzona występuje wąskim pasem wzdłuż oczeretów. Znaczne ruchy wody uniemożliwiają rozwój roślin o liściach pływających, a *Lemna trisulca* występuje przy dnie. Zasługuje na podkreślenie duża ilość rdestnic (7 gatunków). Łączna ilość masy surowej wynosi 954,58 t (125,53 t), w przeliczeniu na jednostkę powierzchni łąk podwodnych stanowi to 5,89 t/ha (0,77 t/ha).

*Charales* występują zarówno na pływaczach przybrzeżnych, jak i w dolnym piętrze litoralu. Na skraju łąk podwodnych tworzą zwarte zbiorowiska pozbawione roślin kwiatowych. Masa surowa wynosi 3,02 t/ha (0,41 t/ha).

*Fontinalis antipyretica* pod względem masy znajduje się na drugim







miejscu poza ramienicami, występuje niedużymi, ale zwartymi płatami w dolnym piętrze litoralu na odcinku od wyspy Dębowej do kanału Łuczańskiego. Masa surowa wynosi 1,08 t/ha (0,02 t/ha). Pozostałe gatunki w liczbie 13 występują w nieznacznych ilościach.

Brzeg południowy i południowo-zachodni (od kanału Łuczańskiego do półwyspu Guty) jest zarośnięty wąskim pasem oczeretów małojeziornych. Łąki podwodne mało rozległe. Jedyne w okolicy wysepki Rób co chcesz, w zatoce Koło szosy i przy półwyspie Guty zajmują one większe połacie dna.

Roślinność wynurzona na odcinku od kanału Łuczańskiego do wysepki Rób co chcesz jest stosunkowo nieliczna i występuje kępami, w wielu miejscach całkowicie jej brak. Profile 38—74. Brzeg południowo-zachodni na całej długości jest zarośnięty wąskim pasem oczeretów. Jedyne w zatoce Koło szosy oczerety występują liczniej. Helofity znajdują się na powierzchni 22,6 ha. Biomasa ich w stanie surowym wynosi 730,46 t (202,76 t). Wynosi to odpowiednio 32,32 t/ha (8,87 t/ha).

*Phragmites communis* jest zdecydowanym dominantem. Występuje jednak przeważnie pospołu z innymi gatunkami helofitów. Produkcja trzciny pospolitej w stanie surowym wynosi 14,29 t/ha (5,58 t/ha).

*Typha angustifolia* występuje jako domieszka do trzciny. Główne jej skupienia znajdują się w zatokach o miękkim dnie i słabym falowaniu. Masa surowa wynosi 12,95 t/ha (2,30 t/ha).

*Schoenoplectus lacustris* nie tworzy większych zbiorowisk, występuje w rozproszaniu jako domieszka do trzciny. Mimo to jednak masa surowa wynosi 4,60 t/ha (0,99 t/ha). Pozostałe gatunki (*Acorus calamus*, *Equisetum limosum*, *Sparganium ramosum*) występują w drobnych ilościach.

Roślinność zanurzona zajmuje powierzchnię 47,5 ha. Profile 32—38. Ze względu na konfigurację dna (krótka ławica przybrzeżna i gwałtowny stok) łąki podwodne są mało rozległe. Stwierdzono występowanie tu 11 gatunków roślin poza ramienicami. Łączna ilość masy roślin w stanie surowym wynosi 403,82 t (40,99 t). Na jednostkę powierzchni łąk podwodnych wynosi to 8,50 t/ha (0,86 t/ha).

*Charales* występują najliczniej, stanowią przeważnie dolne piętro łąk podwodnych. Masa surowa wynosi 3,35 t/ha (0,29 t/ha). *Elodea canadensis* pod względem masy znajduje się na drugim miejscu tworząc małe zbiorowiska na różnych głębokościach łąk podwodnych. Masa surowa wyraża się liczbą 2,16 t/ha (0,25 t/ha). Pozostałe gatunki roślin występują w rozproszaniu i w stosunkowo nielicznej ilości.

Brzeg zachodni i Zimny Kąt do Leśnego Rogu, na całej długości jest zarośnięty szerokim pasem oczeretów różnogatunkowych. Ta partia jeziora jest silnie wypłycona, gruba warstwa osadów



dennych osiągnęła już poziom ławicy przybrzeżnej zamieniając tę część jeziora w staw naturalny. Ze względu na konfigurację brzegów (las i bliskość archipelagu wysp) falowanie tu jest nieznaczące. Łąki podwodne bardzo rozległe i sięgają wysp. Występująca tu flora naczyniowa jest najbogatsza ze wszystkich części Mamr i pod niektórymi względami jest podobna do stosunków florystycznych jez. Kirsajty.

Roślinność wynurzona występuje na obszarze 26,4 ha zarastając szerokim pasem linię brzegową. Profile 49—104. Szczególnie rozległe zarośla helofitów istnieją przy zachodnim brzegu, gdzie łączą się z roślinnością błotną terenów przyległych. Przeważa *Phragmites communis* przy znacznym udziale *Typha angustifolia* i *Schoenoplectus lacustris*. Masa surowa — 995,97 t (218,93 t); z przeliczenia na 1 ha wynosi to odpowiednio 37,72 t/ha (8,29 t/ha).

*Phragmites communis* jest gatunkiem zdecydowanie dominującym, osiąga tu wyjątkowo duże rozmiary. Miejscami tworzy jednogatunkowe rozległe zbiorowiska, a miejscami (w zatokach) występuje jako domieszka do pałki wąskolistnej sitowia jeziornego. Masa surowa wynosi 18,67 t/ha (4,98 t/ha).

*Typha angustifolia*. W zatokach pod Gutami występuje w postaci rozległych zbiorowisk jednogatunkowych, a w innych miejscach litoral jako domieszka do trzciny. Masa surowa wynosi 10,44 t/ha (2,09 t/ha).

*Schoenoplectus lacustris* występuje przeważnie jako domieszka do trzciny. Masa surowa wynosi 8,05 t/ha (1,13 t/ha). Pozostałe gatunki roślin (*Equisetum limosum* i *Sparganium ramosum*) występują w nieznaczących ilościach.

Roślinność zanurzona w rozpatrywanej partii litoral występuje na obszarze 158,7 ha. Profile 39—70. Ze względu na nieznaczną głębokość i słabe działanie wiatrów w tej części jeziora, roślinność miękka rozwija się bardzo silnie. W wielu miejscach dorasta do powierzchni wody utrudniając żeglugę (*Myriophyllum*, *Batrachium* i in.). Poza ramienicami stwierdzono tu 11 gatunków roślin. Łączna ilość masy roślinnej produkowanej rocznie wyraża się olbrzymią sumą 3502,43 t (363,26 t); W przeliczeniu na jednostkę powierzchni wynosi to 22,69 t/ha (2,29 t/ha).

*Charales* jak zwykle w Mamrach dominują, występują dużymi kępami na całej powierzchni rozpatrywanego terenu. Jedynie w zatoce Zimny Kąt ramienice występują w nieznaczącej ilości. Masa surowa wynosi 14,61 t/ha (1,41 t/ha).

*Lemna trisulca* poza ramienicami jest najliczniej reprezentowanym gatunkiem. W wielu miejscach zaściela dno grubą warstwą. Jej masa surowa wynosi aż 2,19 t/ha (0,22 t/ha).

*Elodea canadensis* występuje na całym rozpatrywanym obszarze w po-



staci niewielkich, ale gęsto rozrzuconych o dużej masie zbiorowisk. Masa surowa wynosi 1,38 t/ha (0,18 t/ha).

*Potamogeton compressus* występuje w postaci dużych kęp rozmieszczonych między inną roślinnością. Masa surowa wynosi 1,60 t/ha (0,18 t/ha).

*Batrachium circinatum* na terenie objętym profilami 54—60 rozwija się masowo pokrywając przejściowo przeszło połowę lustra wody. Na pozostałym obszarze występuje włosienicznik w okolicy stoku i w mniej-



Rys. 20. Zachodni brzeg jez. Kisajno. Zwarte zarośla trzciny pospolitej na południu od Wysokiego Rogu  
West coast of Kisajno Lake

szych ilościach. Masa surowa wynosi 1,39 t/ha (0,16 t/ha). Pozostałe gatunki roślin w liczbie 7 występują w znacznie mniejszych ilościach.

Brzeg zachodni od Leśnego Rogu do Wysokiego Rogu na całej długości jest porośnięty szerokim pasem oczeretów (rys. 20). Brzeg ten jest wystawiony na dość silne działanie wiatrów wiejących od wschodu. Znalazło to swój wyraz w słabym rozwoju roślinności miękkiej na płycznach bezpośrednio przyległych do oczeretów.

Roślinność wynurzona rozwija się w postaci szerokiego i zwartego pasa oczeretów małojeziornych. Jedynie w okolicy Wysokiego Rogu oczerety są wielkojeziorne. Profile 105—121. Składa się tylko z dwu gatunków przy zdecydowanej dominacji *Phragmites communis*. Masa surowa oczeretów przy tym brzegu wynosi 1385,23 t (212,08 t); Na jednostkę powierzchni wynosi to odpowiednio 50,74 t/ha (7,76 t/ha).



Tab. XIII. Biomasa roślin wynurzonych w jeziorze Kisajno w tonach  
Biomass of emergent plants in Kisajno Lake in tons

Odcinki brzegu Shore section	Pow. Area ha	Ilość prób Number of samples	Phragmites communis	Typha angustifolia	Schoenoplectus lacustris	Juncus glaucaus	Acorus celastus	Equisetum limosum	Spergenium remosum	Glyceria aquatica	Rezem Total
			sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.
Brzeg wsch. E-shore prof. 1-37°	28,8	59	507,52 184,10	27,22 6,09	88,88 16,29	- -	- -	25,91 5,46	- -	- -	649,53 212,54
Brzeg pd. i pd. zach. - S and S-W-shore prof. 38-48	22,6	57	323,07 126,16	292,71 52,08	104,02 22,55	- -	7,18 1,22	1,56 0,44	1,92 0,31	- -	730,46 202,76
Brzeg zach. W-shore prof. 49-104	26,4	56	493,02 131,75	275,80 55,28	212,75 29,95	- -	- -	2,24 0,36	12,16 1,59	- -	995,97 218,93
Brzeg zach. od Leśnego Rogu do Wysokiego Rogu W-shore from Leśny Róg to Wysoki Róg prof. 105-121	27,3	33	1167,43 188,52	- -	217,80 23,56	- -	- -	- -	- -	- -	1385,23 212,08
Wyspy Islands	73,0	281	1058,17 419,49	553,01 112,86	248,12 57,72	2,40 0,48	10,88 2,52	0,86 0,12	17,54 1,58	0,15 0,04	1891,13 594,81
Rezem - Total	178,1	486	3549,21 1050,02	1148,74 226,31	871,57 150,67	2,40 0,48	18,06 3,74	30,57 6,38	31,62 3,48	0,15 0,04	5652,32 1441,12
Srednio Average t/ha			19,93 5,89	6,44 1,27	4,89 0,84	0,01 -	0,1 0,02	0,17 0,03	0,18 0,02		31,73 8,09
Udział gatunków % Participation of species in %			62,9	20,4	15,4		0,3	0,5	0,5		100,0

Tab. XV. Biomasa roślinności naczyniowej w jeziorze Kisajno w tonach  
Biomass of macrophytes in Kisajno Lake in tons

Roślinność Plants	Pow. Area ha	Masa surowa Wet weight	Masa sucha Dry weight	t/ha pow. zarosniętej t/ha from overgrown area		t/ha ogólnej pow. jeziora t/ha from the total lake area	
				masa surowa wet weight	masa sucha dry weight	masa surowa wet weight	masa sucha dry weight
Wynurzona - Emergent	178,1	5652,32	1441,12	31,73	8,09	2,97	0,75
Zanurzona - Submergent	465,9	5414,96	589,75	11,63	1,26	2,84	0,31
Rezem - Total	644,0	11077,28	2030,87	17,20	3,15	5,81	1,06



Tab. XIV. Biomasa roślin zanurzonych i o liściach pływających w jeziorze Kisajno w tonach  
 Biomass of submerged plants and those with floating leaves in Kisajno Lake in tons

Odcinki brzegu Shore section	Pow. Area ha	Ilość prób Number of samples	Charales	Elodea canadensis	Myriophyl- lum sp.	Ceratophyl- lum demer.	Potamogeton lucens	Potamogeton perfoliatus	Potamogeton compressus	Potamogeton pectinatus
			sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.
Brzeg wsch. E-shore prof. 1-31	61,8	169	484,09 65,98	109,70 12,72	24,61 0,76	4,85 0,39	25,30 4,01	11,79 1,15	5,88 0,81	62,89 6,72
Brzeg pd. i pn.- zach. - S end S-W shore prof. 32-38	47,5	115	150,43 14,14	102,89 12,10	2,24 0,19	34,38 2,81	10,13 1,46	6,26 0,75	6,34 0,53	0,06 -
Brzeg zach. i Zimny Kąt W-shore prof. 39-70	158,7	124	2319,41 224,08	219,04 28,63	4,40 0,34	47,78 9,89	17,10 2,27	12,76 2,48	245,63 29,56	- -
Brzeg zach. W-shore prof. 71-85	32,6	60	102,15 8,47	55,18 6,64	0,49 0,09	2,18 0,24	0,88 0,14	2,60 0,29	- -	- -
Wyspy i płycizny śródojeziorne Islands and mid- lake shoals	65,3	110	275,64 27,15	60,74 7,53	0,46 0,05	31,29 3,31	10,83 1,48	4,30 0,60	5,56 0,47	- -
Razem - Total	465,9	578	3340,72 339,82	547,55 69,78	32,20 1,43	120,48 16,64	64,24 9,35	37,71 5,27	263,41 31,37	62,95 6,72
Średnio Average t/ha			7,17 0,73	1,17 0,15	0,07 -	0,26 0,03	0,13 0,02	0,08 0,01	0,56 0,07	0,13 0,01
Udział gatunków % Participation of species in %			60,50	10,11	0,59	2,22	1,18	0,69	4,86	1,16

Odcinki brzegu Shore section	Potamogeton densus	Potamogeton trichoides	Potamogeton natans	Betrotium circinatum	Fontinalis entipyretice	Lemna trisulca	Nuphar luteum	Sagittaria sagittifolia	Razem Total
	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.	sur. sch.
Brzeg wsch. E-shore prof. 1-31	4,60 0,62	50,14 11,47	0,08 0,02	140,60 14,56	17,58 3,02	12,07 1,09	- -	0,46 0,04	954,58 125,53
Brzeg pd. i pn.- zach. - S end S-W shore prof. 32-38	- -	- -	8,55 0,91	22,34 2,78	17,76 2,13	31,84 3,19	- -	- -	403,82 40,99
Brzeg zach. i Zimny Kąt W-shore prof. 39-70	- -	- -	52,12 4,64	221,78 25,46	7,14 0,72	347,94 34,83	7,33 0,36	- -	3502,43 363,26
Brzeg zach. W-shore prof. 71-85	- -	- -	- -	0,45 0,08	8,87 1,09	1,02 0,09	- -	- -	173,82 17,13
Wyspy i płycizny śródojeziorne Islands and mid- lake shoals	- -	0,31 0,03	3,75 0,57	32,43 3,79	5,95 0,76	13,34 1,52	- -	- -	444,60 47,19
Razem - Total	4,60 0,62	50,45 11,50	64,50 6,14	419,14 46,61	57,30 7,72	406,21 40,82	7,33 0,36	0,46 0,04	5479,25 594,19
Średnio Average t/ha	0,01 -	0,11 0,02	0,14 0,01	0,90 0,10	0,12 0,01	0,57 0,09	0,01 -	- -	11,76 1,27
Udział gatunków % Participation of species in %	0,08	0,93	1,19	7,74	1,05	7,50	0,13	0,01	100,0



*Phragmites communis* występuje zwarcie w postaci dorodnych, jednogatunkowych zbiorowisk. Jedynie przy samym brzegu tu i ówdzie wnioskają do trzcinowisk nieliczne składniki roślinności błotnej (*Corex* sp., *Rumex hydrolapathum* i in.). Masa surowa trzcin wyraża się cyfrą 42,76 t/ha (6,86 t/ha).

*Schoenoplectus lacustris* występuje w południowej części rozpatrywanego brzegu przeważnie w postaci jednogatunkowych skupisk od strony jeziora. Masa surowa wynosi 7,95 t/ha (0,86 t/ha).

Roślinność zanurzona rozwija się na powierzchni 32,6 ha. Profile 71—85. Występuje na znacznych przestrzeniach i jest szczególnie bogata w okolicy Leśnego Rogu. W miarę posuwania się na północ ze względu na konfigurację dna powierzchnia łąk podwodnych kurczy się. Pod względem masy roślinnej rozwijającej się na 1 ha ta część litoralu ustępuje pozostałym brzegom jeziora Kisajno. Masa roślinna łąk podwodnych w stanie surowym wynosi 173,82 t (17,13 t); 5,33 t/ha (0,52 t/ha).

*Charales* dominują. Najliczniej jednak rozwijają się na przestrzeni od stoku po dolny zasięg łąk podwodnych. Ich masa surowa wynosi 3,13 t/ha (0,26 t/ha).

*Elodea canadensis* jest z kolei drugim po ramienicach najliczniejszym składnikiem łąk podwodnych. Moczarka występuje przeważnie w okolicy stoku. Masa w stanie surowym wynosi 1,69 t/ha (0,20 t/ha). Stwierdzono ponadto w rozpatrywanej części jeziora 7 gatunków roślin występujących w rozproszeniu i w niewielkich ilościach.

Wyspy. Na jeziorze Kisajno znajduje się 18 wysp o łącznej powierzchni 122,9 ha. Największą z nich jest Duży Ostrów — 55 ha, a najmniejszą wysepka Rób co chcesz — 0,1 ha (S z o s t a k 1962). Wszystkie wyspy z wyjątkiem wyspy Dębowej są zgrupowane w postaci rozległego archipelagu. Bliskość położenia oraz często nieznaczna głębokość między wysepkami w niektórych przypadkach powoduje połączenia oczeretami jednej wyspy z drugą. Rozległość wysp i ich usytuowanie na środku jeziora w dużym stopniu wpływa na zmniejszenie działania wiatru na jezioro. Wszystkie wyspy są otoczone oczeretami. Najrozleglejsze łąki podwodne występują koło północnej części archipelagu.

Roślinność wynurzona wokół wysp występuje ciągłym pasem. Jedynie na małej przestrzeni linii brzegowej w kilku miejscach oczerety nie występują. Łączna powierzchnia oczeretów wynosi 73,0 ha. Masa surowa — 1891,13 t (846,31 t); W przeliczeniu na 1 ha przypada masy surowej 25,90 t/ha (8,14 t/ha).

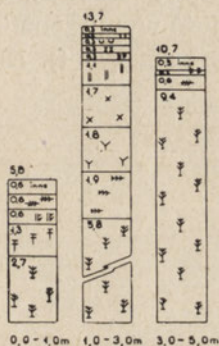
*Phragmites communis* jest gatunkiem najliczniejszym. Rozległe trzcinowiska jednogatunkowe występują od strony wschodniej (silniejsze działanie fal), a od zachodu trzcin z znaczną domieszką innych gatunków oczeretów. Masa surowa trzcin wynosi 14,49 t/ha (5,47 t/ha).



*Typha angustifolia* występuje wyłącznie po stronie zachodniej wysp tworząc przeważnie zewnętrzne obrzeżenie trzcin. Roczna produkcja surowej masy wynosi 7,57 t/ha (1,54 t/ha).

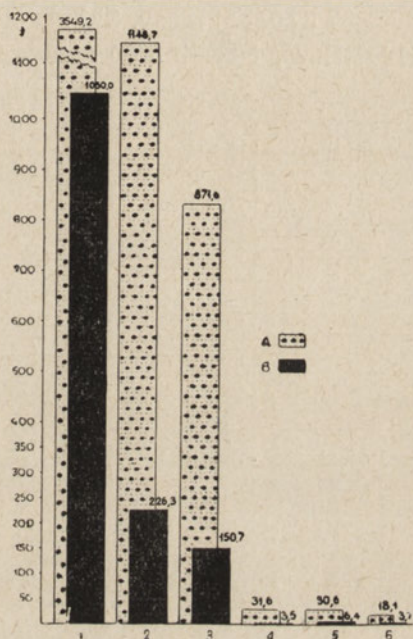
*Schoenoplectus lacustris* stanowi trzeci co do ilości składnik oczere-tów, występuje przeważnie jako domieszka do trzcin. Masa surowa — 3,39 t/ha (0,79 t/ha). Stwierdzono ponadto występowanie koło wysp trzech gatunków roślinności wynurzonej. Zasluguje przy tym na podkreślenie znaczna ilość *Acorus calamus* — 1,49 t/ha (0,03 t/ha).

Roślinność zanurzona rozwija się na znacznej przestrzeni zajmując



Rys. 22. Roślinność wynurzona w jez. Kisajno  
Emergent plants in Kisajno Lake  
A, B zob. rys. 6 — see fig. 6; 1 — *Phragmites communis*, 2 — *Typha angustifolia*, 3 — *Schoenoplectus lacustris*, 4 — *Sparganium ramosum*, 5 — *Equisetum limosum*, 6 — *Acorus calamus*

Rys. 21. Masa surowa roślinności zanurzonej w t/ha na różnej głębokości jez. Kisajno  
Wet weight of submerged plants in t/ha at different depths of Kisajno Lake



65,3 ha i jest reprezentowana przez 11 gatunków poza ramienicami. Masa surowa wynosi 444,6 t (47,19 t); 6,8 t/ha (0,72 t/ha).

*Charales* wyraźnie dominują, występują przeważnie w dolnym piętrze łąk podwodnych. Masa surowa wynosi 4,22 t/ha (0,41 t/ha). Pozostałe gatunki występują nielicznie i w rozproszeniu.

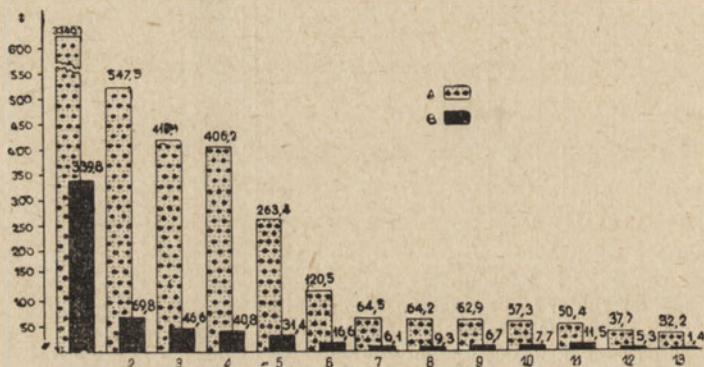
Mimo znacznej powierzchni i dość dużej maksymalnej głębokości jez. Kisajno pod względem florystycznym znacznie różni się od pozostałych części kompleksu Mamr. Działanie wiatru na jezioro jest słabe, więcej osadów dennych (zwłaszcza w południowej jego części) i niższa przezroczystość wody (tab. I—III). Znajduje to odbicie w szacie roślinnej. Oczereety wielkojeziorne rozwijają się tylko w najbardziej na północ wy-



suniętej części jeziora (wpływ wiatrów z Darginu). Łąki podwodne sięgają tylko do 5 m, a najwyższa ich produkcja jest w strefie 1—3 m. Na płycznach do 1 m na 1 ha powierzchni łąk podwodnych masa surowa wynosi 5,8 t, od 1—3 m — 13,7 t i od 3—5 m — 10,7 t.

We wszystkich strefach dominują *Charales*. Szczególnie duża ich masa jest w strefie od 3 do 5 m (9,4 t/ha). W tej strefie występują także w znacznych ilościach *Elodea canadensis* (1,9 t/ha), *Lemna trisulca* (1,8 t/ha) i *Batrachium circinatum* (1,7 t/ha) (rys. 21).

Roślinność naczyniowa w jeziorze Kisajno rozwija się na powierzchni 644 ha wytwarzając rocznie 11 077,28 t masy surowej. Stanowi to 2030,87 t suchej masy. Składa się na to roślinność wynurzona — 5652,32 t (1441,12 t), i roślinność zanurzona — 5414,96 t (589,75 t). Na 1 ha po-



Rys. 23. Roślinność zanurzona w jez. Kisajno  
Submerged plants in Kisajno Lake

A, B, zob. rys. 6 — see fig. 6; 1 — *Charales* sp., 2 — *Elodea canadensis*, 3 — *Batrachium circinatum*, 4 — *Lemna trisulca*, 5 — *Potamogeton compr.*, 6 — *Ceratophyllum* sp., 7 — *Potamogeton natans*, 8 — *Potamogeton lucens*, 9 — *Potamogeton pectin.*, 10 — *Fontinalis antipyretica*, 11 — *Potamogeton trichoides*, 12 — *Potamogeton perfol.*, 13 — *Myriophyllum* sp.

wierzchni zarośniętej przypada 17,2 t masy surowej, tj. 3,15 t masy suchej. Z przeliczenia na całą powierzchnię jeziora Kisajno roczna produkcja masy roślin naczyniowych wynosi 5,81 t/ha masy surowej. Stanowi to 1,06 t/ha masy suchej (tab. XV). Helofity najliczniej są reprezentowane przez *Phragmites communis* — 62,9%, na drugim miejscu jest *Typha angustifolia* — 20,4% i na trzecim miejscu *Schoenoplectus lacustris* — 15,4% (tab. XIII, rys. 22). Łąki podwodne składają się głównie z *Charales* — 60,5%. Na drugim miejscu jest *Elodea canadensis* — 10,11%, w dalszej kolejności *Batrachium circinatum* — 7,74% i wyjątkowo duża ilość *Lemna trisulca* — 7,5% (tab. XIV, rys. 23).



## Zestawienie wyników

Badania ilościowe flory naczyniowej obejmowały cały kompleks jeziora Mamry o łącznej powierzchni 7637 ha, (Mamry Pn. 2504 ha, Kirsajty — 207 ha, Dargin — 3030 ha i Kisajno — 1896 ha), z wyjątkiem jez. Dobskiego, które już przedtem było przedmiotem badań (Bernatowicz i Radziej 1960). Uzyskano następujące wyniki:

1. Roślinność naczyniowa w kompleksie jeziora Mamry (bez jez. Dobskiego) zajmuje powierzchnię 2563,1 ha. Stanowi to średnio 33,4% całkowitej powierzchni tych jezior. Zakres wahań w tym względzie wynosi od 29,8% (jez. Dargin) do 100% (jez. Kirsajty). Na roślinność wynurzoną przypada 562,9 ha (7,3%) i na roślinność zanurzoną — 2000,2 ha (26,1%).

2. Roczna produkcja roślin naczyniowych w stanie surowym wynosi 34 614,3 t, a po wysuszeniu 7080,7 t. Na 1 ha powierzchni zarośniętej przypada średnio 13,50 t w stanie surowym i 2,76 t po wysuszeniu.

3. Roczna produkcja biomasy wszystkich makrofitów na jednostkę powierzchni lustra wody rozpatrywanych jezior waha się w granicach od 2,51 t/ha masy surowej (0,59 t/ha masy suchej) w jez. Dargin do 24,8 t/ha masy surowej (3,6 t/ha masy suchej) w jez. Kirsajty.

4. Roczna produkcja roślinności wynurzonej w stanie surowym wynosi 15 374,9 t. Stanowi to po wysuszeniu 4657,9 t. Z przeliczenia na 1 ha powierzchni zarośniętej przez roślinność wynurzoną przypada średnio 27,2 t masy surowej, tj. 8,3 t po wysuszeniu.

5. Roślinność wynurzona głównie składa się z *Phragmites communis* w wysokości od 40,7% masy surowej (jez. Kirsajty) do 83,6% (jez. Dargin). Na drugim miejscu w rozległych jeziorach, narażonych na silne falowanie, jest *Schoenoplectus lacustris* od 13,0% (jez. Dargin) do 15,7% (jez. Mamry Póln.), a w jeziorach zacisznych o zamulonym litoralu przeważa *Typha angustifolia* — 20,4% (jez. Kisajno) do 46,6% (jez. Kirsajty).

6. Masa surowa aktualnie występującej roślinności zanurzonej w jeziorach wyniosła 19 266,4 t, a po wysuszeniu 2422,8 t. Wynosi to odpowiednio 9,6 t/ha i 1,2 t/ha.

7. We wszystkich częściach Mamr na łąkach podwodnych wyraźnie dominowały *Charales* — od 70,0% (jez. Dargin) do 93,2% (jez. Kirsajty). Na drugim miejscu jest *Elodea canadensis* — od 6,5 (Mamry Póln.) do 10,1% (jez. Kisajno). Jedynie w jeziorze Kirsajty *E. canadensis* występował nielicznie (0,9%). W jez. Kisajno stwierdzono uderzająco duże ilości *Lemna trisulca*, wynoszące 7,5% całej masy surowej roślinności zanurzonej.

8. Rozmieszczenie roślinności wynurzonej i zanurzonej w stanie suro-



wym (wysuszonym) w całym kompleksie jez. Mamry średnio, kształtowało się w następujący sposób:

0,0 — 1,0 m — 48,9% (68,6%), 1,0 — 3,0 m — 19,9% (14,7%),  
3,0 — 5,0 m — 30,3% (16,2%), 5,0 — 5,5 m — 0,8% (0,5%).

Główna więc masa roślinna jest skupiona przy brzegu na głębokości do 1 m (przeważa roślinność wynurzona) i na głębokości 3—5 m (łąki podwodne poza zasięgiem fali przybojowej).

9. Głównymi czynnikami wpływającymi na kształtowanie się flory naczyniowej w różnych częściach kompleksu jeziora Mamry jest falowanie i przezroczystość wody. Natomiast z uwagi na dość wysoką zawartość w wodzie soli biogenicznych (Ca) lub wysoką (K) nie limitują one występowania roślinności naczyniowej.

10. Przy brzegach narażonych na silne działanie fal wytworzył się psammolitoral pozbawiony oczeretów. Tylko miejscami występują tu oczerety wielkojeziorne złożone z *Phragmites communis*. W pasie przybojowym i przyległym do oczeretów zupełny jest brak lub nielicznie występuje roślinność zanurzona. Brak tu jest także roślin o liściach pływających. Natomiast zaciszne i silnie zamulone części jezior charakteryzują się oczeretami małojeziornymi. Często przeważa tu *Typha angustifolia*. Roślinność zanurzona dochodzi do samych oczeretów i licznie rozwijają się rośliny o liściach pływających (jez. Kirsajty, zach. część jez. Kisajno za archipelagiem wysp).

11. Z pośród różnych części Mamr największa przezroczystość wody jest w Mamrach Północnych, Darginie i Kisajnie Półn. Znajduje to swój wyraz w zasięgu łąk podwodnych do 5,5 m i w stosunkowo licznym występowaniu *Elodea canadensis*. Natomiast w jez. Kirsajty, mimo nawet wyższych zawartości potasu (tab. II i III) niż w Mamrach Półn., mała przezroczystość wody ogranicza występowanie *Elodea canadensis* do prawie śladowych ilości.

### Piśmiennictwo. Литература. Bibliography

1. Bernatowicz S., 1960. Charakterystyka jezior na podstawie roślin naczyniowych. Roczn. Nauk. Roln. 77 — B-1: 79—103.
2. Bernatowicz S., 1963. Dynamika flory naczyniowej w Jeziorze Arklickim. Pol. Arch. Hydrobiol. XI (XXIV), 2: 145—156.
3. Bernatowicz S., 1960. Metody badania roślinności naczyniowej w jeziorach. Roczn. Nauk. Roln. 77 — B-1: 61—78.
4. Bernatowicz S. i Radziej J., 1960. Badania ilościowe flory naczyniowej Jeziora Dobskiego. Pol. Arch. Hydrobiol. VII (XX): 29—60.
5. Boruckij E. W., 1949. Изменения зарослей макрофитов в Белом Озере в Косинь с 1888 по 1938 г. Труды всесоюз. Гидробиол. Об-ва I: 44—56.
6. Bursche E. M., 1956. Der Wert der Wasserpflanzen als Wassergütemindikatoren. Dtsche Fischerei — Ztg. 6.



7. Denniston R. H., 1921. A survey of the larger aquatic plants of Lake Mendota. Trans. Wis. Acad. Sci. Arts Lett. XX.
8. Juday C., 1924. Summary of quantitative investigations on Greene Lake Wisconsin. Int. Rev. Hydrobiol. 12.
9. Lenczewski J., 1957. Niektóre rośliny kwiatowe zbiornika wodnego Drużno. Ekol. Pol. ser. A, V, 4: 141—164.
10. Lohammar G., 1938. Wasserchemie und höhere Vegetation schwedischer Seen. Upsala.
11. Luther H., 1951. Verarbeitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im Brakwasser der Ekenas Gegend in Südfinland. Acta Bot. Fennica. 49.
12. Ohle W., 1940. Über den Kaliumgehalt der Binnengewässer. 14.
13. Olsen S., 1950. Aquatic plants and hydrospheric factors. I Aquatic plants in S.W. — Jutland. Svensk Bot. Tidskr. 44: 1.
14. Olsen S., 1950: Aquatic plants and hydrospheric factors. II The hydrospheric types. 44, 2.
15. Patalas K., 1960. Charakterystyka składu chemicznego wody 48 jezior okolicy Węgorzewa. Roczn. Nauk. Roln. 77 — B-1: 243—286.
16. Sauer F., 1928. Die Makrophytenvegetation ostholsteinischer Seen und Teiche. Soziologisch — limnologische Untersuchungen. Arch. Hydrobiol. Suppl., 1.
17. Stangenberg M., 1936. Szkic limnologiczny na tle stosunków hydrochemicznych jeziora suwalskiego. Prace i Sprawozdania Zakł. Ictiobiol. i Ryb. SGGW w Warszawie. 43: 1—85.
18. Szczerbakow A. P., 1950. Produktivnost pribrieżnych zaroslej makrofitow Głubokogo Oziera. Trudy wsiesojuzn. Hidrobiol. ob-wa II: 69—78.
19. Szostak M., 1962. Nowe pomiary batymetryczne i morfometria kompleksu jeziora Mamry. Przegl. Geograf. XXXIV, 3: 549—564.
20. Zachwieja J. Charakterystyka hydrochemiczna kompleksu jeziora Mamry. W druku.

С. Бернатович, И. Радзей

### Годичная продукция гидромакрофитов в комплексе озера Мамры

Резюме

Авторы исследовали годичную продукцию биомассы гидромакрофитов в комплексе озера Мамры 7 637 га (оз. Мамры Сев. — 2 504 га, оз. Кирсайты — 207 га, оз. Даргин — 3 030 га и оз. Кисайно — 1 896 га) находящегося в северной части Мазурского Поозерья.

Сосудистая растительность в этих озерах занимает поверхность 2563,1 га. Составляет это в среднем 33,4% общей площади выше ука-



занных озер; размах колебаний находится в пределах от 29,8% (оз. Даргин) до 100,0% (оз. Кирсайты). Жесткая растительность занимает 562,9 га (7,3%) и мягкая — 2 000,2 га (26,1%). Общая годовая продукция сосудистой растительности во влажном виде равняется 34 614,3 тонн, а в сухом виде — 7 080,7 тонн. На 1 га поверхности покрытой растительностью в среднем приходится 13,50 тонн во влажном виде и 2,76 тонн в сухом.

Годичная продукция жесткой растительности во влажном виде равняется 15 347,9 тонн и в сухом — 4 657,9 тонн. В пересчете на га поверхности занятой жесткой растительностью, получается соответственно 27,2 тонн/га и 8,3 тонн/га. Среди жесткой растительности преобладает *Phragmites communis* от 40,7% влажной массы оз. Кирсайты) до 83,6% (оз. Даргин). На втором месте пространных озер с сильным волнением находится *Schoenoplectus lacustris* — от 13,0% (оз. Даргин) до 15,7% (оз. Мамры Сев.), а в тихих озерах с илистым дном преобладает *Typha angustifolia* — от 20,4% (оз. Кисайно) до 46,6% (оз. Кирсайты).

Величина годичной продукции мягкой (погруженной) растительности равнялась 19 266,4 тонн влажного и 2 422,8 тонн сухого веса. В пересчете на га поверхности, занятой мягкой растительностью получается соответственно 9,6 тонн/га и 1,2 тонн/га. На подводных лугах доминировали *Charales* — от 70,0% (оз. Даргин) до 93,2% (оз. Кирсайты). На втором месте находилась *Elodea canadensis* — от 6,5% (оз. Мамры Сев.) до 10,1% (оз. Кисайно). Только в озере Кирсайты *E. canadensis* встречалась в незначительном количестве (0,9%). В озере Кисайно обнаружено необыкновенно большое количество *Lemna trisulca* составляющее 7,5% общей массы погруженной растительности в сыром виде.

В среднем на разные зоны глубины жесткой и мягкой растительности в сыром (сухом виде) в целом комплексе озера Мамры приходилось: 0—1 м — 48,9% (68,6%), 1—3 м — 19,9% (14,7%), 3—5 м — 30,3% (16,2%), 5,0—5,5 м — 0,8% (0,5%). Таким образом главная масса растительности находится в прибрежной зоне на глубине до 1 м (преобладает жесткая растительность) и на глубине 3—5 м (подводные луга за пределами сильного волнения).

Главными факторами влияющими на макрофиты в комплексе озера Мамры являются: волнение и прозрачность воды. В следствии значительного количества в воде биогенных солей (Ca) или большого их количества (K), они не лимитируют развития гидромакрофитов.



S. Bernatowicz and J. Radziej

**Yearly production of macrophyte in Mamry lake complex**

## Summary

Quantitative studies on macrophytes covered the Mamry Lake body of water of a total area 7,637 ha (Mamry Północne Lake — 2,504 ha, Kirsajty Lake — 207 ha, Dargin Lake — 3,030 ha and Kisajno Lake — 1,896 ha (situated in the northern part of the Masurian Lake District).

The vascular aquatic plants of these lakes occupy an area of 2 563.1 ha. On average it is 33.4 per cent of the total area of these lakes. Respective figures vary from 29.8 per cent (Dargin Lake) to 100 per cent (Kirsajty Lake). The emergent vegetation covers 562.9 ha (7.3 per cent) and submerged plants occupy 2 000.2 ha (26.1 per cent). The annual productivity of macrophytes in wet weight is 34 614.3 tons and after desiccation 7 080.7 tons. It makes on average 13.50 t/ha in wet weight and 2.76 t/ha after desiccation.

The annual productivity of emergent vegetation in wet weight amounts to 15 347.9 tons or 4 657.9 tons after desiccation. Calculated for one ha of the area occupied by emergent vegetation there are on average 27.2 t/ha of wet weight i.e. 8.3 tons after desiccation. The emergent vegetation is mainly composed of *Phragmites communis* ranging from 40.7 per cent of wet weight (Kirsajty Lake) to 83.6 per cent (Dargin Lake). *Schoenoplectus lacustris* from 13.0 per cent (Dargin Lake) to 15.7 per cent (Mamry Północne Lake) takes the second place in big lakes exposed to strong wave action, while *Typha angustifolia* from 20.4 per cent (Kisajno Lake) to 46.6 per cent (Kirsajty Lake) predominates in calm lakes of muddy littoral.

The wet weight of submerged vegetation found in the lakes was 19 266.4 tons and 2 422.8 tons after desiccation. When calculated for 1 ha under this vegetation it makes up 9.6 t/ha and 1.2 t/ha respectively. In all parts of the Mamry Lake the zones of submerged plants were visibly dominated by *Charales* ranging from 70.0 per cent (Dargin Lake) to 93.2 per cent (Kirsajty Lake). Second to them was *Elodea canadensis* from 6.5 per cent (Mamry Północne Lake) to 10.1 per cent (Kisajno Lake). Only in the Kirsajty Lake *E. canadensis* was scarcely represented (0.9 per cent). In the Kisajno Lake there were found exceptionally large amounts of *Lemna trisulca* which constituted 7.5 per cent of the entire wet weight of the submerged vegetation in this lake.

The distribution of the emergent and submerged vegetation in wet weight (dry weight) in the whole body of the Mamry Lake taking into



account the depth was as follows: 0—1.0 m — 48.9 per cent (68.6 per cent), 1—3 m — 19.9 per cent (14.7 per cent), 3—5 m — 30.3 per cent (16.2 per cent), 5 m — 0.8 per cent (0.5 per cent). Thus the bulk of the vegetation is at shores up to 1 m deep (emergent plants predominate) and at the depth 3—5 m (the zone of submerged hydrophytes not affected by waves).

The main factors affecting the development of macrophytes in various part of the Mamry Lake body of water are wave action and water transparency. Whereas a fairly high content of Ca in water and a high K- content do not limit the development of the vascular aquatic plants.



Z. Fischer

## Cycle vital de certaines espèces de libellules du genre *Lestes* dans les petits bassins astatiques

Institut Nencki, Laboratoire d'Hydrobiologie Expérimentale, Varsovie, Pologne

Reçu le 1.X.1963

### Introduction

Le but du travail était l'étude du rôle que jouent dans le cycle vital des libellules du genre *Lestes* les conditions spécifiques des petits bassins astatiques, milieux de certaines étapes du développement larvaire de ces animaux. Etant donné le manque de dépendance directe de l'imago du milieu aquatique, les recherches concernant cette période de développement se sont bornées à l'observation des dates d'éclosion des insectes adultes ainsi que des dates et des manières de ponte. L'attention a été prêtée surtout sur l'effet de la variabilité du milieu sur le développement des oeufs et des larves.

Le genre *Lestes*, d'après la classification écologique des libellules en espèces d'été et espèces de printemps introduite par Corbet (1954) appartient aux espèces d'été. La base de cette classification est la période durant laquelle se produit la diapause.

C'est ainsi que *Anax imperator* Leach, *Pyrrosoma nymphula* Sulzer qui ont leur diapause aux printemps, durant la période finale de leur développement larvaire peu de temps avant l'éclosion de l'imago, appartiennent d'après Corbet aux espèces de printemps. Ce groupe comprend également toutes les espèces *Coenagriidae*. Corbet compte au nombre des formes d'été, les espèces comme *Aeschna cyanea* (Müller) et tout le genre *Lestes* chez lesquels la diapause n'a pas lieu pendant la période finale du développement larvaire, au printemps, mais à une autre période du cycle vital. Chez le genre *Lestes* la diapause s'effectue pendant la période embryonnaire qui dure très longtemps (environ 8 mois).



Les espèces du genre *Lestes* qui ont été étudiées: *L. sponsa* Hans., *L. nymphæ* Sel., *L. barbara* Fabr., *L. virens* Charp., *L. viridis* Vanderl., sont communes en Europe (Chopard 1948, Urbański 1948, Popova 1953, Schiemenz 1953, Conci, Nielsen 1956, Robert 1958, Corbet, Longfield, Moore 1960).

D'après les données de la bibliographie on rencontre les espèces du genre *Lestes* dans les petits bassins, les fossés, les étangs, les marécages et dans toutes sortes de bassins peu profonds. En outre, des larves de ces espèces ont été trouvées en petit nombre dans des lacs, des vieux lits de rivière et d'autres bassins pourvus d'une riche végétation aquatique (Wesenberg-Lund 1913, Longfield 1937, Chopard 1948; Popova 1953, Schiemenz 1953, Conci, Nielsen 1956, Robert 1958, Corbet, Longfield, Moore 1960, Aguesse 1961). Il est donc établi que le milieu typique pour ces espèces sont les bassins astatiques.

Le cours du cycle vital des espèces étudiées n'est toujours pas exactement défini. Les données concernant la durée du stage imago le temps du vol, la période de la ponte, la quantité des oeufs et les plantes où les oeufs sont déposés ne sont pas exactes et très souvent contradictoires. (Wesenberg-Lund 1913; Longfield 1937; Urbański 1948; Popova 1953; Schiemenz 1953; Corbet 1956; Robert 1958; Aguesse 1961).

Etant donné l'important rôle de la température déterminant la vitesse du développement des organismes ce facteur fut choisi en tant que principal objet de recherches. Les expériences ont été effectuées sur des oeufs car ce sont les oeufs qui, en raison de leur longue période de développement embryonnaire (de juillet à avril de l'année suivante), sont le plus longtemps exposés dans les conditions naturelles à l'effet des conditions du climat.

La vie larvaire chez les *Lestes* a lieu le printemps et au début de l'été, c'est à dire à une période où un note une baisse considérable du niveau des eaux des bassins astatiques et même leur disparition complète. C'est pourquoi des recherches de laboratoire ont été également entreprises concernant la résistance des larves au dessèchement ainsi qu'à l'effet des changements des conditions, résultant de la disparition progressive de l'eau comme par exemple la condensation des produits du métabolisme et d'autres substances dissoutes dans l'eau ainsi que la hausse de la densité de la population elle-même, qui suscite le phénomène du cannibalisme.

Les recherches de terrain concernaient tout d'abord la répartition des larves des libellules dans les petits bassins de la forêt Puszcza Kampinoska près de Varsovie. Ce travail s'appuyait sur les résultats des tra-



vaux précédents concernant les petits bassins des environs de Mikolajki (Fischer 1959) et de Puszcza Kampinoska (Fischer 1961). Les résultats de ces travaux suggéraient que la répartition des larves des libellules dépend du caractère de la végétation du bassin et, en particulier, de la façon dont les espèces et les associations végétales, en fonction de leur morphologie, dimension et densité forment une structure spatiale du milieu. Ce facteur est dénommé dans la suite „structure architectonique” des associations végétales. Cette supposition est en accord avec Needham (1949) qui, considérant les plantes aquatiques au point de vue de la construction qu’elles forment dans l’espace aquatique, constate une répartition inégale des larves de libellules dans différents groupes végétaux. Il existe des données (Motyka 1962), permettant en outre de supposer que le caractère de la végétation peut être traité comme indice principal et aisé à constater du caractère du bassin et des changements qui s’y effectuent.

Une analyse a été effectuée de la vitesse du développement des larves *Lestes* en comparaison avec la vitesse du développement des larves des espèces de la famille *Coenagrioninae* qui sont des espèces typiques pour les milieux statiques. Cette analyse a été effectuée dans les conditions naturelles ainsi que dans celles d’élevage des larves *Lestes nympha* et *Coenagrion hastulatum*.

On a donc tenté dans ce travail de démontrer quels sont les traits adaptifs du cycle vital des larves du genre *Lestes* aux conditions astatiques des bassins ainsi que d’établir les conditions indispensables à l’achèvement du cycle vital. Dans ce but on a essayé de résoudre la question de la dépendance de la répartition des larves à l’intérieur du bassin de la structure architectonique de la végétation, celle de la dépendance de la survie des oeufs des conditions thermiques ainsi que celle de la dépendance du développement des larves des changements causés par l’astatisme du milieu.

## I. Terrain des recherches

Les observations de terrain, les prélèvements qualitatifs et quantitatifs des larves et des oeufs ainsi que les prélèvements pour élevage ex-ovo ont été effectués en 1958—1962 dans Puszcza Kampinoska située à une vingtaine de kilomètres au nord-Ouest de Varsovie.

Ce terrain constitue un ensemble distinct au point de vue morphologique (Kobendza 1930); il s’est formé à la suite de l’érosion de la Pravistule et, délimité par les rivières: Vistule, Bzura, Utrata; il occupe une surface d’environ 760 km<sup>2</sup> (cf. Chodorowska, Chodorowski 1958). Il se compose d’une terrasse de dunes et d’une terrasse de



terrains inondables. Le terrain de Puszcza Kampinoska se distingue par des différences prononcées du niveau des eaux souterraines et de la perméabilité du sol (Kobendza 1930). Les nombreux bassins de la forêt diffèrent donc fortement l'un de l'autre tout comme par leur durabilité que par leur façon de disparaître. Cela concerne aussi bien les bassins tourbeux que ceux des dunes.

Les observations ont été effectuées sur 149 bassins aquatiques choisis entre environ 200 situés dans la partie sud-est occupant 30 km<sup>2</sup> et délimitée par les villages Dziekanów, Sieraków, Pocięcha et Palmiry. Ce terrain a été choisi en raison justement de l'extrême diversité de ses bassins, ainsi que du fait qu'une partie de ses bassins est depuis 10 ans l'objet de recherches limnologiques, menées par le laboratoire d'Hydrobiologie Expérimentale de l'Institut Nencki (Chodorowski 1958, 1961; Chodorowska, Chodorowski 1958; Chodorowska 1959; Klekowski 1959; Paschalski 1959; E. Fischer 1960, 1961; Z. Fischer 1961). Une étude des bassins de cette partie du Kampinos a été effectuée par Chodorowska et Chodorowski (1958) qui y distinguèrent les bassins permanents et les bassins temporaires. Ces derniers peuvent être de très brève durée et sont alors dénommés éphémères ou peuvent subsister durant le printemps et l'été. Les bassins éphémères sont divisés à leur tour en bassins possédant ou non une succession de domination des espèces suivantes, *Aedes cummunis* — *Daphnia pulex* — *Spirostomum ambiguum*. Les bassins subsistant durant le printemps et l'été ont été différenciés par ces auteurs en bassins avec domination de *Carex*, tourbières et fossés profonds. Les bassins permanents comprennent les petits étangs, les excavations au fond des fossés et les bassins artificiels (entonnoirs d'obus, trous etc.).

Une classification hydrologique des bassins, basée sur la durée de leur existence pendant le cycle annuel, a été également décrite par Paschalski (1958) qui en a distingué 4 types.

Dans un travail précédent (Fischer 1961) les bassins de ce terrain ont été divisés en 4 groupes d'après leur peuplement en larves de libellules:

1. Bassins habités uniquement par les larves des espèces du genre *Lestes*. Ce sont en principe des bassins de très courte durée, n'existant très souvent qu'au printemps, couverts en partie par la végétation aquatique. Leur volume (Gieysztor 1934) ainsi que leur teneur en substances dissoutes (Paschalski 1957) y subissent de grandes fluctuations.

2. Bassins où à part les larves du genre *Lestes* que l'on y trouve très fréquemment, apparaissent rarement des larves de la famille *Coenagrionidae*.



Ces larves n'arrivent pas d'habitude à achever leur cycle vital. Ce sont des bassins également très astatiques à grandes fluctuations du niveau de l'eau, mais qui peuvent durer tout l'été.

3. Bassins à nette dominance des espèces de la famille *Coenagruidae*, les larves *Lestes* n'y apparaissent plus ou n'y apparaissent que d'une façon sporadique.

Ce sont des bassins permanents, dont le niveau ne subit que de faibles changements.

4. Bassins où l'on ne trouve pas de larves de libellules. Ce sont des bassins à faible végétation, le plus souvent temporaires et forestiers.

Dans le choix des bassins à étudier toutes ces classifications furent prises en considération et l'on choisit des bassins appartenant à chacune de ces catégories.

En accord avec la définition de G a j l (1924) considérant en tant que bassin astatique les bassins dont le milieu est nettement inconstant, tous les bassins étudiés dans ce travail furent jugés astatiques. D'après la classification des bassins astatiques de N a u m a n n (1931), les bassins étudiés appartenaient en partie aux bassins constants (perennirende) comme par exemple les petits étangs, les trous d'obus etc. et en partie au groupe des eaux stagnantes périodiques, appelées „die Lache”. Ces bassins peuvent se former d'après N a u m a n n, à la suite de la hausse du niveau des eaux souterraines, du débordement de rivières de la fonte des neiges, de fortes pluies etc.

Tous les bassins choisis se caractérisent par de nets et rapides changements fauniques (C h o d o r o w s k i 1958), thermiques; (G i e y s z t o r 1934; W e i m a n 1934; B r a n d t 1935, 1936, 1937; P a s c h a l s k i 1959; C h o d o r o w s k i 1961) et chimiques (P a s c h a l s k i 1959).

## II. Répartition des larves du genre *Lestes* dans les bassins de Puszcza Kampinoska

Les prélèvements étaient effectués pour chaque bassin une fois par an en 1959, 1960, 1961, 1962 entre le 15 avril et le 15 mai, quand les libellules du genre *Lestes* se trouvent en forme larvaire (certains bassins ne purent être examinés chaque année en raison de leur dessèchement). Les prélèvements étaient exécutés à l'aide d'un filet aux mailles de 1,25 mm de diamètre et le matériel était conservé sur place dans de l'alcool 80%. Les larves jeunes, difficiles à déterminer, étaient élevées au laboratoire jusqu'à la dixième ou onzième mue.

En même temps une carte phytosociologique de chaque bassin était dressée selon la méthode d'estimation de B r a u n - B l a n q u e t (1951).



Les plantes étaient déterminées sur place ou au laboratoire<sup>1</sup>. Les larves des libellules ont été déterminées à l'aide des clefs suivantes: Ris (1909), May (1933), Longfield (1937), Popova (1953), Conci, Nielsen (1956), Robert (1958), Corbet, Longfield, Moore (1960).

Durant les années d'observation 367 prélèvements ont été exécutés dont 98 contenant des larves du genre *Lestes*. Dans 269 explorations on ne trouva dans les bassins ni larves, ni oeufs, ni restes de ces derniers.

Dans les bassins étudiés 55 espèces de plantes ont été constatées: *Acorus calamus* L., *Agrostis canina* L., *Alisma Plantago aquatica* L., *Alopecurus geniculatus* L., *Bidens connatus* Muehlenberg., *Callitriche stagnalis* Scopoli, *Caltha palustris* L., *Carex Hudsoni* Bennet., *Carex vesicaria* L., *Cerathophyllum* sp., *Comarum palustre* L., *Drepanocladus aduncus* Hedw., *Dryopteris thelypteris* A. Gray., *Elodea canadensis* Rich. et Mchx., *Eriophorum angustifolium* Roth., *Equisetum limosum* L., *Galium palustre* L., *Glyceria fluitans* R. Br., *Heleocharis palustris* R. Br., *Hottonia palustris* L., *Iris pseudocorus* L., *Juncus effusus* L., *Lemna minor* L., *Lemna trisulta* L., *Lycopus europaeus* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Lythrum salicaria* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Myosotis caespitosa* Schultz., *Myriophyllum* sp., *Nuphar luteum* Sm., *Oenanthe aquatica* Lam., *Phragmites communis* Trin., *Polygonum amphibium* L., *Polygonum hydropiper* L., *Potamogeton fluitans* Roth., *Potamogeton natans* L., *Potentilla anserina* L., *Poa palustris* L., *Ranunculus flamulla* L., *Ranunculus repens* L., *Roripa amphibia* Bess., *Rumex hydrolapathum* Huds., *Sagittaria sagittifolia* L., *Schenoplectus lacustris* L., *Sphagnum* sp., *Sparganium ramosum* Huds., *Sparganium simplex* Huds., *Scirpus silvaticus* L., *Scutellaria hastifolia* L., *Stellaria palustris* Ehrh., *Typha angustifolia* L., *Typha latifolia* L., *Urtica dioica* L., *Viola palustris* L.

Le tableau I montre ces plantes rangées d'après leur fréquence dans les bassins étudiés.

Les bassins ont été ensuite divisés en 10 groupes d'après le caractère de leur végétation. Le schéma de la structure architectonique de ces groupes est présenté par la figure I.

1. Groupe „*Elodea*”: *Elodea canadensis*, *Drepanocladus aduncus*, *Myriophyllum* sp. Ce sont des plantes entièrement immergées dont le réseau dense des pousses et des feuilles répandu uniformément forme des prés de structure homogène.

2. Groupe „*Lemna*”: *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Callitriche stagnalis*, plantes flottantes couvrant la surface de l'eau.

3. Groupe „*Potamogeton*”: ce groupe comprend des plantes enracinées mais aux feuilles flottantes, couvrant en partie la surface de

<sup>1</sup> Je remercie M-elle dr. B. Solińska de l'aide qu'elle m'a apportée à déterminer les plantes recueillies.



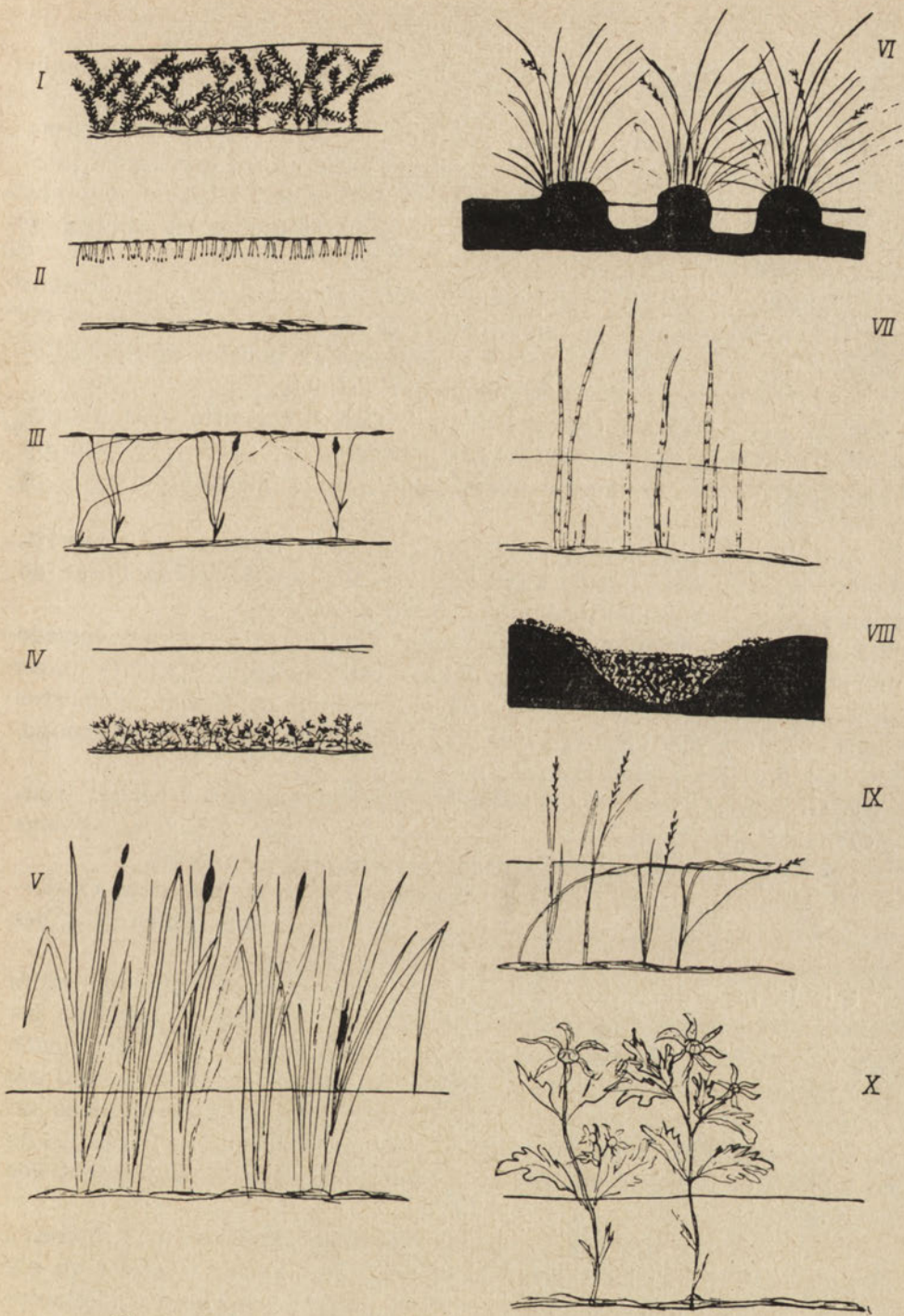


Fig. 1. Schème de la „structure architectonique” des plantes  
 Groupes: I — „Elodea”, II — „Lemna”, III — „Patogeton”, IV — „Galium”, V — „Typha”,  
 VI — „Carex”, VII — „Equisetum”, VIII — „Sphagnum”, IX — „Glyceria”, X — „Bidens”



l'eau; ce sont *Potamogeton natans*, *Potamogeton fluitans*, *Polygonum amphibium*, *Caltha palustris*.

4. Groupe „Galium”: *Galium palustre*, *Myosotis caespitosa*, *Alisma Plantago aquatica*. Ces plantes sont petites, entièrement immergées, formant un réseau peu dense de pousses et de feuilles. Elles ne couvrent le bassin qu'en partie, on les trouve presque toujours en compagnie d'autres espèces.

5. Groupe „Typha”: *Typha angustifolia*, *Typha latifolia*, *Sparganium simplex*, *Sparganium ramosum*, *Acorus calamus*, *Iris pseudocorus*. Ce sont des plantes hautes, en partie émergées, aux pousses droites. Elles forment fréquemment des assembléments distincts.

6. Groupe „Carex”: *Carex Hudsonii*, *Carex vesicaria*. Ces plantes poussent en touffes caractéristiques, émergées en partie; le fond du bassin est presque toujours couvert d'une grande quantité de carex en putréfaction.

7. Groupe „Equisetum”: *Equisetum limosum*, *Heleocharis palustris*, *Juncus effusus*, *Eriophorum angustifolium*. Plantes isolées en forme de minces tiges droites, verticales, en partie émergées.

8. Groupe „Sphagnum”: *Sphagnum* sp. Ce groupe de plantes possède une structure architectonique semblable à celle du groupe „Elodea” mais en raison de ces traits spécifiques physico-chimiques (capacité d'abaisser le pH et autres) (G e s s n e r 1959) il se distingue nettement de ce groupe, formant un milieu bien spécial.

9. Groupe „Glyceria”. Ce groupe comprend toutes les herbes trouvées: *Glyceria fluitans*, *Alopecurus geniculatus*, *Poa palustris*, *Agrostis canina*. Ces plantes poussent à part, sont en partie émergées.

10. Groupe „Bidens”: *Bidens connatum*, *Comarum palustris*, *Oenanthe aquatica*. Plantes dont seulement les pousses sont immergées, les feuilles se trouvant au dessus de la surface de l'eau.

Sur la base de cette classification et des prélèvements qualitatifs annuels on a calculé la fréquence de la présence des larves dans les bassins possédant la structure architectonique donnée. Cette fréquence est exprimée en pourcentage du nombre des bassins examinés durant ces années et signifie la probabilité de trouver des larves *Lestes* dans un bassin possédant le type donné de végétation (Tableau II). Il résulte de ce tableau qu'il existe une certaine préférence dans le peuplement des bassins par les espèces du genre *Lestes*.

Dans certains groupes de bassins comme „Sphagnum”, „Bidens”, „Lemna”, „Galium” les larves *Lestes* ne furent jamais trouvées ou n'y furent trouvées que très rarement. Par contre, les groupes „Potamogeton”, „Glyceria”, „Equisetum” étaient très fréquemment peuplées par ces larves.



Tab. I. Les dominants végétaux des bassins étudiés et la présence des larves *Lestes*

Espèce végétale dominante	Nombre de prélèvements	Nombre de prélèvements contenant des larves	Espèce végétale dominante	Nombre de prélèvements	Nombre de prélèvements contenant des larves
<i>Carex Hudsonii</i>	118	36	<i>Myriophyllum</i> sp.	3	0
<i>Glyceria fluitans</i>	44	22	<i>Elodea canadensis</i>	3	0
<i>Sphagnum</i> sp.	41	0	<i>Potamogeton natans</i>	3	3
<i>Carex vesicaria</i>	27	4	<i>Equisetum limosum</i>	2	1
<i>Scirpus silvaticus</i>	22	3	<i>Myosotis caespitosa</i>	2	1
<i>Hottonia pelustris</i>	20	5	<i>Iris pseudocorus</i>	2	1
<i>Lemna minor</i>	15	1	<i>Bidens connatus</i>	1	0
<i>Agrostis canina</i>	10	1	<i>Alopecurus geniculatus</i>	1	0
<i>Eriophorum angustifolium</i>	10	4	<i>Polygonum amphibium</i>	1	0
<i>Spergenium simplex</i>	7	6	<i>Caltha palustris</i>	1	0
<i>Drepanocladus aduncus</i>	6	0	<i>Comarum palustre</i>	1	0
<i>Acorus calamus</i>	6	4	<i>Oenanthe aquatica</i>	1	0
<i>Heleocharis palustris</i>	5	2	<i>Alisma Plantago aq.</i>	1	0
<i>Galium palustre</i>	5	0	<i>Poa palustris</i>	1	0
<i>Spergenium remotum</i>	4	1			
<i>Typha latifolia</i>	4	3		367	98

Tab. II. Occurrence des larves du genre *Lestes* dans des bassins à différente structure architectonique des plantes dominantes

"Structure architectonique"	Nombre de prélèvements	Nombre de prélèvements contenant des larves
"Potamogeton"	5	3
"Glyceria"	56	24
"Equisetum"	17	7
"Typha"	45	17
"Carex"	145	40
"Elodea"	32	5
"Galium"	8	1
"Lemna"	15	1
"Sphagnum"	41	1
"Bidens"	3	0



Il est possible que ce fait soit lié en certaine mesure avec la ponte de oeufs dans les pousses des plantes dominantes. Mais cette explication paraît peu satisfaisante car dans la majorité des bassins, en dehors des plantes dominantes, il y avait une quantité suffisante de plantes où les libellules pouvaient accomplir la ponte. Les espèces de plantes où l'on trouve en général les oeufs *Lestes* étaient communes dans la majorité des bassins étudiés.

Prenant en considération uniquement les dominants végétaux on a effectué l'analyse du degré de stabilité phytosociologique c'est à dire des variations d'une année à l'autre des dominants et du degré de couverture des bassins. Il semble qu'en contraste avec l'astatisme des petits bassins le degré de couverture des bassins et la participation des différentes espèces sont des facteurs relativement stables. Dans 57 bassins sur 92 (62%) ces facteurs se sont avérés stables. La figure 2 présente des

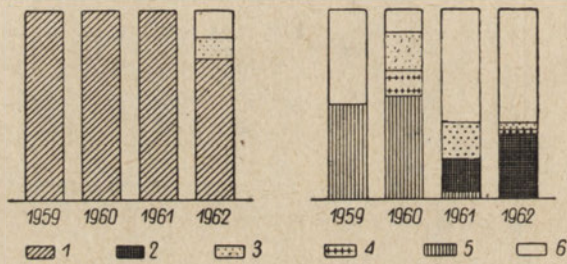


Fig. 2. Stabilité et instabilité phytosociologique des bassins. Deux exemples choisis

1 — „Sphagnum”, 2 — „Carex”, 3 — „Glyceria”, 4 — „Lemna”, 5 — „Elodea”, 6 — surface non couverte

exemples de bassins stables (A) et instables (B) du point de vue phytosociologique. Les bassins du type „Sphagnum”, „Carex”, „Typha” et autres démontrent une certaine stabilité. Les bassins dont les dominants végétaux et le degré de couverture ont changé pendant la période étudiée étaient très souvent des bassins sans domination nette d'une espèce. L'analyse de la présence des larves *Lestes* dans ces bassins, permet de présumer que cette présence n'est pas liée avec le degré de stabilité ou d'instabilité phytosociologique des bassins. Cette analyse démontre en outre que les larves ne se trouvent pas chaque année dans les mêmes bassins: dans certains d'eux elles n'y sont présentes que certaines années. Par exemple dans un des bassins les larves *Lestes* ont été trouvées en 1962 en grande quantité tandis qu'en 1960 et 1961 elles y étaient absentes. En 1961 tout comme en 1962 la domination dans ce bassin était assurée par le groupe végétal „Typha” en compagnie des



groupes „*Carex*” et „*Elodea*”. Le même état de choses a été observé dans d'autres bassins.

En effectuant les cartes phytosociologiques on notait également le degré de couverture du bassin par les plantes. La fig. 3 illustre la dépendance de la présence des larves *Lestes* du degré de couverture des bassins par la végétation.

La majorité (environ 55%) des bassins étudiés possédait un degré de couverture allant de 80 à 100%. Quant aux larves elles étaient le plus

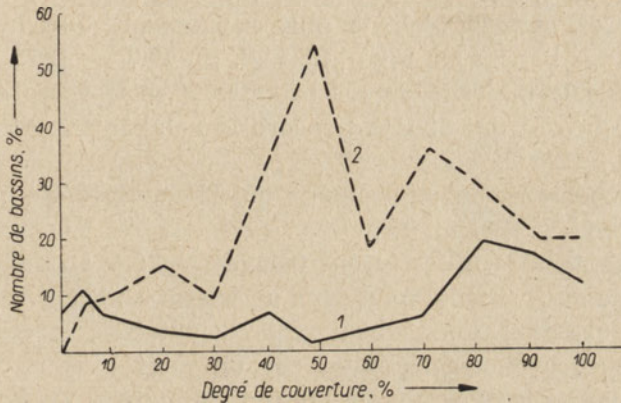


Fig. 3. Degré de couverture de tous les bassins par les plantes et degré de couverture des bassins où l'on constata des larves de libellules

1 — nombre total des bassins, 2. — nombre des bassins contenant des larves *Lestes*

fréquentes dans les bassins possédant un degré moyen de couverture (40—80%). Dans les bassins avec un degré supérieur de couverture les larves étaient plus rares ainsi d'ailleurs que dans les bassins faiblement couverts par la végétation (0—30%). On peut donc en déduire que les degrés extrêmes de couverture des bassins sont moins favorables à la présence des larves *Lestes* que les degrés moyens.

Le peuplement des bassins par les larves différait d'une année à l'autre. En 1960 les larves ont été observées dans 29 bassins, en 1961 dans 26, tandis qu'en 1962 49 bassins étaient peuplés par les larves *Lestes*.

Il est intéressant que les années où les larves furent trouvées dans peu de bassins, elles étaient présentes avant tout dans les bassins du type „*Carex*”. Etant donné que le degré de peuplement de ces bassins était le même durant toutes les années étudiées (27%, 26%, 27%) on peut présumer que les facteurs qui ont empêché en 1960 et en 1961 la ponte des oeufs ou le développement des larves dans certains bassins, n'ont été d'aucune influence dans le cas des bassins „*Carex*”.



En 1960 et en 1961 il n'y avait que très peu de bassins du type „Typha” et „Equisetum”. Comme ces bassins sont le plus souvent peuplés par les larves *Lestes*, ces années se sont distinguées par une pauvreté générale en larves de ce genre dans Puszcza Kampinoska.

En 1962, par contre, on observa une nette croissance du nombre des bassins de ce type ce qui éleva le taux des bassins peuplés par les larves.

Les bassins du type „Potamogeton”, „Equisetum” et „Glyceria” se trouvent en général dans les villages ou leurs environ. Ce sont par exemple des fossés, des prés submergés, des mares dans les cours des fermes etc. Ces bassins sèchent plus rapidement que les tourbières forestières ou les bassins du type „Carex”. En 1960 et 1961 la pluviosité ayant été faible la majorité de ces bassins fut mise à sec ou se trouva presque desséchée ce qui diminua encore le nombre des bassins peuplés par les larves *Lestes*.

En 1961 on observa un phénomène qui n'avait pas été encore décrit à notre latitude géographique. Des larves *Lestes* sont apparues en automne, en septembre. Elles furent trouvées à l'âge approximativement de la deuxième ou troisième mue dans un bassin où l'eau n'apparût pour la première fois de l'année qu'au mois d'août. Ces larves ne purent néanmoins achever leur cycle vital car un mois plus tard malgré de recherches soigneuses elles n'y furent pas retrouvées. Ce fut le seul cas observé durant ces études d'apparition de larves *Lestes* en automne.

### III. Répartition des larves *Lestes* entre différentes parties du même bassin

Des prélèvements quantitatifs des larves *Lestes* on été effectués dans 17 bassins de Puszcza Kampinoska en 1959, 1960, 1961, et 1962. Des observations phytosociologiques y ont été également menées.

Chaque fois on dressait la carte phytosociologique de tout le bassin d'après la méthode de Braun-Blanquet, ensuite on divisait le bassin en parties différant l'une de l'autre du point de vue de leur végétation (1 à 7 parties par bassin). Cette division n'était qu'estimative on tendait à ce que les parties soient uniformes, du point de vue de la structure architectonique de leur végétation. Ainsi par exemple dans un des bassins on distingua une partie avec la domination de *Typha angustifolia*, une autre avec celle de *Elodea canadensis*, encore une privée de végétation et enfin une partie possédant de petites plantes comme *Galium palustre*, *Myosotis caespitosa* et autres. Des exemples de telles parties distinguées dans un bassin sont présentés sur la figure 4.

On notait également les dimensions approximatives de chaque partie et sa profondeur maximale. Dans chaque partie ainsi distinguée on



faisait un prélèvement quantitatif de la façon suivante: au milieu environ de la partie choisie on posait un châssis en polychlorures de vinyle aux dimensions  $75 \times 50$  cm et 50 cm de hauteur (fig. 4). Ensuite à l'intérieur de ce châssis on exécutait quelques mouvements avec un filet en essayant de puiser le plus de plantes et de faune possibles. Le contenu du filet était vidé dans une cuvette et les larves *Lestes* en étaient prélevées. Les puisements étaient répétés jusqu'à ce que dans trois puisements consécutifs il n'y eût plus de larves *Lestes*.



Fig. 4. Deux différentes parties du même bassin

Sur les 17 bassins étudiés, on n'a pas trouvé de larves *Lestes* dans 6 bassins, dont 4 étaient des bassins à *Sphagnum* et 2 des bassins forestiers à *Carex*.

Dans la majorité des bassins la répartition des larves entre les différentes parties était inégale. Cette répartition était uniforme dans les bassins dont la végétation était également répartie de façon uniforme. De même en cas d'hétérogénéité végétale du bassin les densités des larves dans ses différentes parties étaient nettement différentes. L'analyse qualitative (présence ou absence des larves *Lestes*) a démontré que les larves se trouvaient le plus fréquemment dans les milieux à domination de *Equisetum limosum*, ensuite de *Glyceria fluitans*; *Hottonia palustris* et *Carex Hudsonii* suivaient ces deux premières espèces, devançant *Heleocharis palustris*. L'analyse quantitative, effectuée sur le matériel de 1962, a confirmé ces résultats qualitatifs.

A part les parties à nette dominance d'une „structure architectonique”, les bassins en possédaient d'autres, dépourvues de dominance. Ces parties ne furent pas analysées pour la présence des larves *Lestes* car aucune des plantes qui y poussaient ne pouvait être traitée en tant qu'indice.



#### IV. Dépendance de la survie des oeufs de *Lestes sponsa* des conditions thermiques du milieu

A Puzzcza Kampinoska le début des vols de *L. sponsa* a été constaté en juin. Les oeufs n'ont été trouvés que dans les tiges de prêles (*Equisetum limosum*).

D'après l'hypothèse de Corbet (1958) chez *Lestes sponsa* les oeufs, après la ponte, passent la période de blastokinèse qui dure environ 27 jours et la diapause qui dure jusqu'au printemps de l'année suivante.

On a constaté que directement après la ponte tous les oeufs se trouvent au-dessus du niveau de l'eau, en automne par contre, une partie de ces oeufs se trouve immergée à la suite de la hausse du niveau de l'eau du bassin. L'hiver les oeufs se trouvent gelés dans la glace du bassin, ou, si le bassin ne gèle pas jusqu'au fond, ils passent l'hiver sous la glace à des températures supérieures à zéro. Les oeufs peuvent également hiverner au-dessus de la surface de la glace ce qui arrive quand le niveau d'eau est trop bas et ne submerge pas la végétation ou en cas d'hiver précoce quand le bassin gèle avant que les plantes aient achevé leur période de végétation et soient tombées au fond. Dans ce cas ce n'est qu'au printemps que les oeufs atteignent le fond du bassin. Les oeufs peuvent donc subir d'importantes fluctuations successives de température en dépendance des saisons.

Dans le but d'étudier l'effet de ces périodes thermiques on a effectué deux séries d'expériences: l'une en 1958/59, l'autre en 1961/62.

Les oeufs provenaient d'un des petits bassins du terrain étudié. En 1958 comme en 1961 l'envol des imagos fut précoce car il eut lieu aux premiers jours de juin. En juin 1958 on constata de nombreux cas d'accouplements et de ponte. Les mois suivants ces phénomènes étaient sporadiques. Les oeufs récoltés avaient donc été pondus à peu près au même temps, c'est à dire durant la deuxième quinzaine de juin. En 1961 les premières pontes furent observées entre le 30—VI et le 11—VII et les oeufs ne furent prélevés que de cette série. Les oeufs étaient prélevés avec les tiges de *Equisetum limosum* dans lesquelles ils avaient été pondus.

Les fig. 5 (I—V) présentent les températures mensuelles moyennes et mensuelles moyennes minimales de l'air en 1958/59 et 1961/62 mesurées à Dziekanów, 8 km du bassin mentionné<sup>2</sup> ainsi que la durée des stades oeuf, larve, imago. Il fut admis que les températures de l'air présentées correspondent aux conditions thermiques dans lesquelles se trouvaient les oeufs avant d'avoir été transférés au laboratoire car, pendant cette période, ils se trouvaient au-dessus de l'eau.

<sup>2</sup> Données de l'Institut d'Hydrologie et de Météorologie, Varsovie.



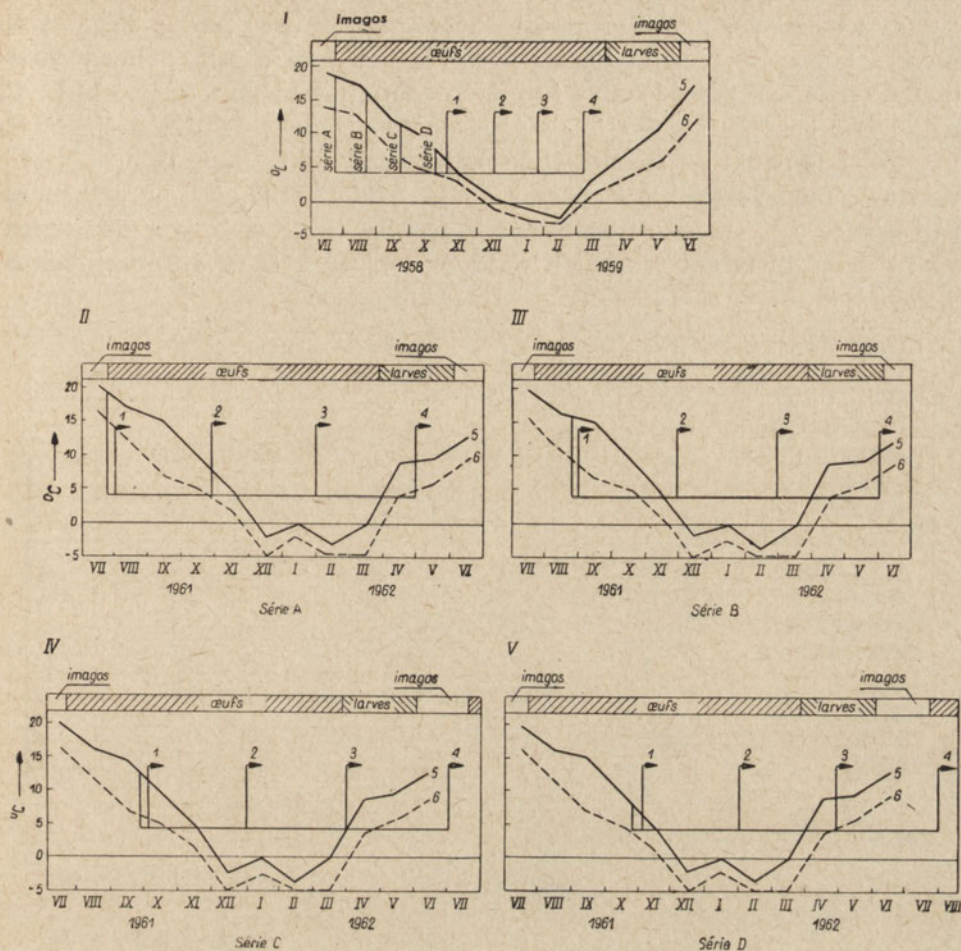


Fig. 5. Températures que subissaient les œufs dans les conditions naturelles et expérimentales

I — expériences de 1958/1959, II—V — expériences de 1961/1962; 1—4 — parties des différentes séries d'œufs, 5 — température moyenne mensuelle de l'air, 6 — température moyenne mensuelle minimale de l'air

Le schème des expériences de 1958/59 était le suivant: les œufs furent prélevés en 4 séries (A, B, C et D) le 20.VII, le 20.VIII, le 20.IX et le 20.X, chaque série comprenait environ 800 œufs. Après le transfert au laboratoire tous les œufs étaient placés dans une étuve, dans de l'eau à  $+4^{\circ}$ . Ensuite, le 3.XI, le 18.XII, le 22.I, et le 4.III on prélevait 200 œufs de chaque série et on les emplaçait dans de l'eau d'une autre étuve réglée à  $+14^{\circ}$ . Fig. 5 illustre les températures auxquelles séjournèrent les différentes séries d'œufs.



Le schème des expériences de 1961/62 est illustré par la fig. 6. Les mêmes quantités d'oeufs furent prélevées du bassin aux mêmes dates que dans le cas précédent et formèrent donc les mêmes séries A, B, C et D. Par contre la durée du séjour des oeufs dans l'étuve à  $+4^{\circ}$  fut unifiée. Les oeufs de chaque série étaient transférés dans l'eau à  $+14^{\circ}$  non à la même date mais après un séjour de 15, 100, 190 ou 280 jours à  $+4^{\circ}$ . De cette manière on obtint la possibilité de comparer des séries ayant passé différent temps en conditions naturelles et différent temps à  $+4^{\circ}$ .

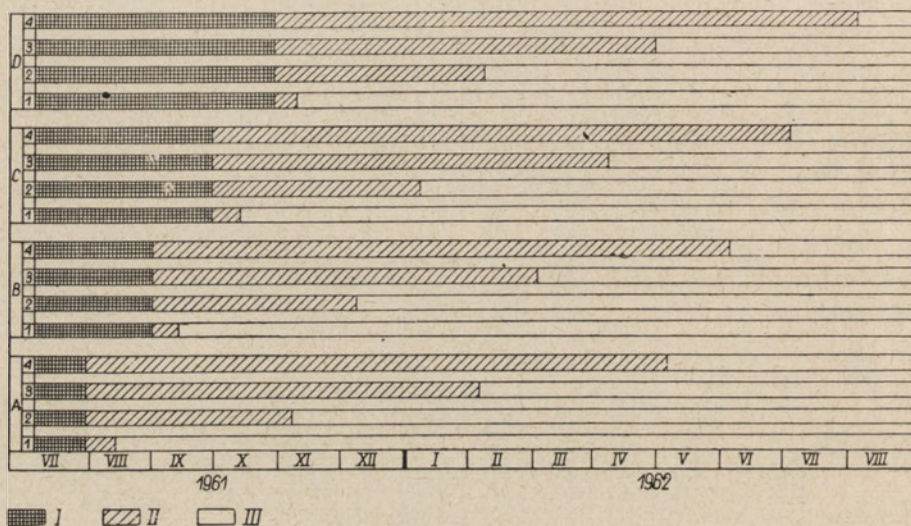


Fig. 6. Durée du séjour des oeufs des différentes séries en différentes conditions thermiques (1961/1962)

I — séjour en conditions naturelles, II — séjour en conditions expérimentales à  $+4^{\circ}$ , III — séjour en conditions expérimentales à  $+14^{\circ}$ ; A—D séries; 1—4 — parties des différentes séries

Les cultures étaient examinées chaque jour, les larves écloses étaient transportées dans des vaisseaux de verre contenant un excès d'algues et de protozoaires en tant que nourriture. Dans l'analyse des résultats on prit uniquement en considération le nombre de larves écloses, sans égard à leur développement postérieur, étant donnée la haute mortalité survenant le plus souvent après la première mue. Cette mortalité était certainement due aux conditions inadéquates de culture des jeunes larves. Les difficultés auxquelles on se heurte en tentant d'élever de très jeunes larves ont été mentionnées par Corbet (1955). En 1958/59 on n'obtint aucune adulte de ces cultures, en 1961/62 on réussit à obtenir quelques imagos.



Dans l'expérience on considéra deux périodes thermiques: 1. Le séjour des oeufs dans les conditions naturelles qui dura d'un mois à quatre. 2. Le séjour en condition expérimentales à la température de  $+4^{\circ}$  qui dura de 10 à 280 jours. La fig. 7 présente les résultats de l'expérience de 1958/59. L'axe Y représente la durée du séjour en conditions naturelles (en jours), l'axe X la durée du séjour des oeufs à  $+4^{\circ}$  en jours et l'axe Z le taux des oeufs éclos. Chez les oeufs de la série A qui passèrent environ 30 jours en conditions naturelles (a peu près du 20 juin jusqu'au 20 juillet, fig. 5) et plus de 120 jours à  $+4^{\circ}$  on n'observa pas d'éclosion. Les oeufs de la série B qui séjournèrent en condi-

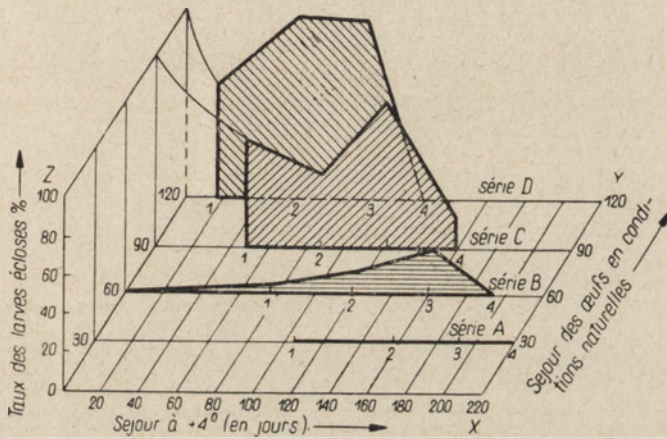


Fig. 7. Effet des conditions thermiques sur l'éclosion des oeufs *Lestes sponsa* (1958/1959)  
1-4 — parties des différentes séries d'oeufs

nelles environ deux mois et à  $+4^{\circ}$  de 80 à 190 jours donnèrent environ 100% d'éclosion. Les éclosions chez les oeufs de la série C (près de 3 mois en conditions naturelles) étaient déjà beaucoup plus nombreuses mais leur maximum fut noté chez les oeufs de la série D (90%) qui subirent les températures (fig. 5) les plus proches des naturelles, car ils furent transférés en température  $+4^{\circ}$  au moment où les températures moyennes de l'air étaient tombées à  $+7^{\circ}$ .

Dans les expériences de 1958/59 la durée du séjour des oeufs à  $+4^{\circ}$  était de 15 jours pour la série D, jusqu'à 220 jours pour la série A. La fig. démontre (série D 2 et 3 et série C 3) que les oeufs maintenus à  $+4^{\circ}$  jusqu' au 18.XII et 22.1, (fig. 5) avaient le taux le plus élevé d'éclosion. Les oeufs de la série D-1, dont le séjour à  $+4^{\circ}$  fut le plus bref (15 jours) possèdent un taux d'éclosion égal à 57%. Le prolon-



gement du séjour des oeufs à  $+4^{\circ}$  (série D-2, environ 60 jours) fait augmenter le taux des éclosions qui monte à 95%.

On constata que la durée du séjour des oeufs à  $+4^{\circ}$  possède également un certain effet sur le temps de l'éclosion. La fig. 8 A représente l'influence de la durée de ce séjour à  $+4^{\circ}$  sur le nombre de jours qu'il

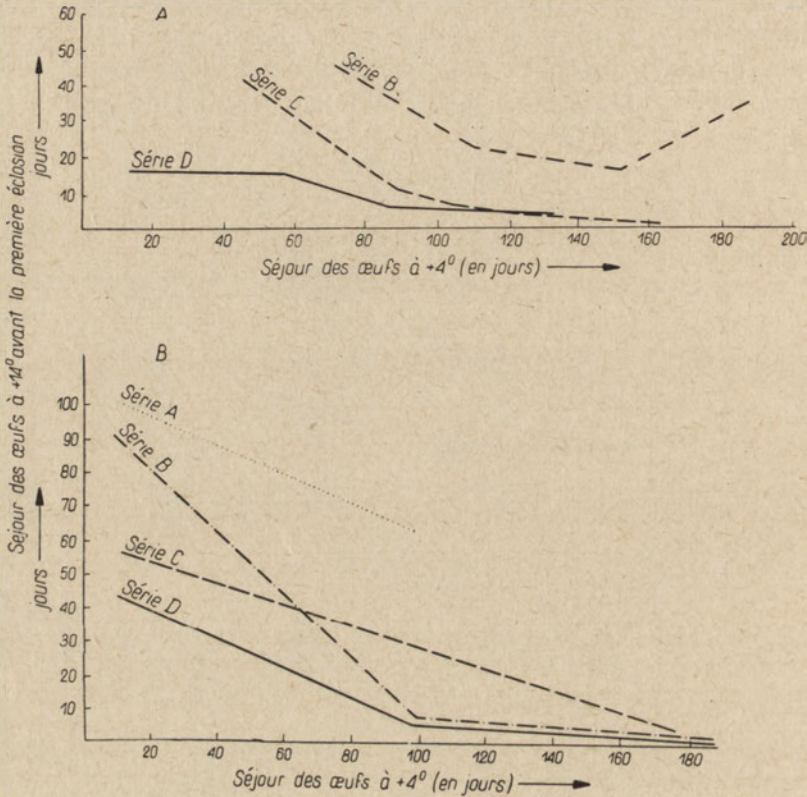


Fig. 8. Effet de la durée du séjour à  $+4^{\circ}$  sur la durée nécessaire du séjour à  $+14^{\circ}$  pour obtenir les premières éclosions

A — expériences de 1958/1959, B — expériences de 1961/1962

est nécessaire de maintenir les oeufs à  $+14^{\circ}$  pour obtenir la première éclosion. La fig. 8 B présente les résultats analogues obtenus en 1961/62. Ces graphiques permettent de supposer que plus court était le séjour des oeufs en conditions naturelles, plus retardé s'avérait le début des éclosions. Plus on prolonge, par contre, le séjour des oeufs à  $+4^{\circ}$ , plus on accélère le début des éclosions. Seuls les oeufs de la série B-4, qui ne se trouvèrent que peu de temps en conditions naturelles mais qui,



par contre, demeurèrent longtemps à  $+4^{\circ}$  (6 mois et demi) eurent leurs éclosions un peu retardées.

Les résultats des expériences effectués en 1961/62 (fig. 9) donnèrent des résultats analogues à ceux qui viennent d'être décrits. Les oeufs de la série A donnèrent 10% d'éclosions après un séjour de 15 jours à  $+4^{\circ}$ , 5% après un séjour à  $+4^{\circ}$  d'environ 100 jours et après un séjour encore plus prolongé à  $+4^{\circ}$  ne donnent plus du tout d'éclosions. La série B qui demeura plus longtemps en conditions naturelles (les oeufs furent prélevés le 20.VIII) eut 50% d'éclosions après un séjour de 100 jours à  $+4^{\circ}$ . La série D, tout comme dans, l'expérience de 1958/59,

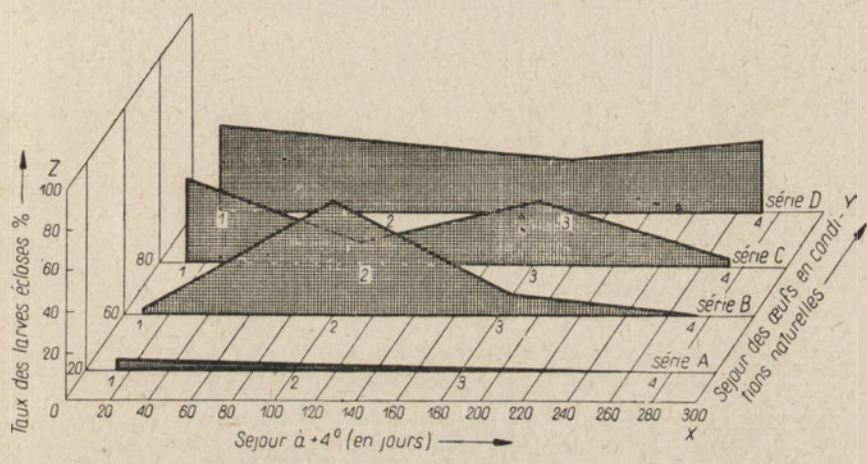


Fig. 9. Effet des conditions thermiques sur l'éclosion des oeufs *Lestes sponsa* (1961/1962)

1-4 — parties des différentes séries d'oeufs

démontra un taux élevé d'éclosions, supérieur à celui de la série C qui quitta les conditions naturelles un mois plus tôt.

Dans le but d'établir l'effet du manque de la baisse automnale de la température, on préleva trois séries d'oeufs supplémentaires, une au début d'août, une autre en septembre 1962 et ces séries furent directement transférées à  $+14^{\circ}$ . Dans les deux cas il n'y eut pas d'éclosion. La troisième série prélevée par contre en octobre et transférée également directement à  $+14^{\circ}$  donna 85% d'éclosions. Effet des températures inférieures à  $0^{\circ}$ .

Les oeufs *Lestes sponsa* furent recueillis dans un petit bassin le 24.I.1958 avec les tiges de *Equisetum limosum* dans lesquels ils avaient été déposés. Pendant la période précédant le prélèvement des oeufs la température de l'air n'était tombée que quelques fois au dessous



de  $-2^{\circ}$ . Le jour du recueil la température était égale à  $0^{\circ}$ . Le bassin n'était pas gelé.

La vitalité des oeufs fut vérifiée par dissection pour un oeuf sur vingt. Tous les oeufs vérifiés n'étaient pas endommagés et l'on n'y constata pas de parasites. On emplaça 3 séries à 380 oeufs chacune dans 3 récipients, 190 dans l'eau et la même quantité suspendue au-dessus de l'eau. Ces vaisseaux furent ensuite déposés dans des frigidaires, où l'on notait les éclosions des larves. La série contrôle était constituée température est illustré par la figure 10. Avant chaque baisse de température le contenu d'un des récipients était transféré dans deux cuvettes contenant chacune 100 ml d'eau. Dans l'une on déposait les oeufs gelés

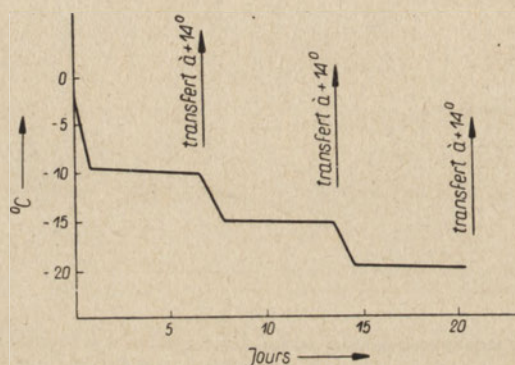


Fig. 10. Cours de la baisse de la température dans les expériences avec les oeufs *Lestes sponsa*

dans la glace, dans l'autre ceux qui avaient été suspendus dans l'air. Ces cuvettes étaient ensuite déposées dans une étuve réglée à  $+14^{\circ}$  où l'on notait les éclosions des larves. La série contrôle était constituée par 380 oeufs prélevés également le 24.I.1958 dont la moitié provenait de tiges immergées, l'autre de tiges *Equisetum limosum* émergées mais emplacés directement à  $+14^{\circ}$ .

Les résultats obtenus démontrent que les oeufs de *Lestes sponsa* sont capables de survivre une baisse graduelle de température allant jusqu'à  $-20^{\circ}$  durant une période tout au moins de 21 jours tout dans la glace comme dans l'air. La baisse de la température s'accompagne néanmoins d'une hausse de la mortalité des oeufs. D'autre part, le gel des oeufs n'est nullement indispensable à leur développement, car dans la série de contrôle, emplacée directement à  $+14^{\circ}$ , le taux d'oeufs éclos atteignit 85% pour les oeufs des tiges émergées tout comme pour ceux des tiges immergées. Dans les séries gelées les taux d'éclosion était de 55 à 70%. Cela indique plutôt un effet nocif des températures inférieures à  $0^{\circ}$ .



Dans toutes les séries des oeufs gelés on constata une différence de survie entre les oeufs gelés dans la glace et les oeufs gelés dans l'air. La survie des oeufs gelés dans la glace est nettement supérieure. La différence maximale entre ces deux séries s'observe après un séjour à  $-10^{\circ}$  (36%). A la température de  $-15^{\circ}$  la différence de survie n'est que 20% et les oeufs ayant été gelés à  $-20^{\circ}$  dans la glace possèdent un taux d'éclosion supérieur seulement de 15% à celui des oeufs gelés dans l'air.

## V. Dépendance du développement des larves du genre *Lestes* des changements causés par l'astatisme du milieu

### 1. Effet de l'augmentation de la concentration des substances dissoutes dans l'eau du bassin et du changement du volume du milieu

Les changements du volume de l'eau et l'augmentation de la teneur en substances dissoutes, résultant de la disparition graduelle d'un bassin peuvent exercer un effet sur les larves de libellules.

Les méthodes concernant l'étude de l'effet de ces facteurs ont été décrites dans un travail précédent (Fischer 1960).

Les recherches exécutées sur les larves de *Lestes nymphæ* et *Lestes virens* démontrèrent chez ces libellules un manque de sensibilité à une concentration des substances dissoutes dépassant jusqu' à 30 fois, celle que l'on constata en mars dans le bassin, d'où l'on a prélevé les larves (calcul confirmé par mesurments conductométriques). On ne remarqua aucun changement de la vitesse du développement des larves ou de l'éclosion des imagos ni à la suite du changement du volume de l'eau dans laquelle se trouvaient les larves ni à la suite du changement de la concentration des substances dissoutes causé par l'évaporation de l'eau de la cuvette. Cette résistance des *Lestes* à de sérieux changements de teneur en sels devrait peut-être généralisée car certaines espèces des genres de *Lestes*, *Ischnura*, *Aeschna*, *Sympetrum* peuvent se reproduire dans des salines (Conci et Nielsen, 1956) et les larves d'*Aeschna grandis* tolèrent l'eau de mer diluée de moitié (Rostand 1935).

On n'observa également aucun effet de l'augmentation de la concentration des produits du métabolisme sur le développement des larves.

### 2. Résistance des larves au dessèchement du milieu

Le matériel fut prélevé d'un bassin temporaire. On recueillit 3 séries de larves *Lestes nymphæ* à 100 individus chacune. La première série comprenait des jeunes larves après la deuxième ou troisième mue, la deuxième après la huitième mue et la troisième se composait de larves à un stade proche de l'envol (après la onzième ou douzième mue). Les



larves étaient emplacements au laboratoire dans des vaisseaux circulaires de 10 cm de diamètre contenant une couche d'eau de 5 mm d'épaisseur ainsi qu'une couche de terre prélevées du fond de ce bassin. L'expérience consistait à laisser l'eau s'évaporer à une vitesse donnée jusqu'à son évaporation complète.

La survie des larves était contrôlée chaque jour. La vitesse de l'évaporation était vérifiée d'après le poids de l'eau évaporée de petits vaisseaux (1 × 1 cm) emplacements au fond des cuvettes contenant les larves. Une vitesse d'évaporation de 0,29 à 12,9 mg/h/cm<sup>2</sup> fut obtenue en recouvrant plus ou moins les cuvettes.

La résistance au dessèchement dépend avant tout de la vitesse de l'évaporation de l'eau. Elle augmente en mesure de la diminution de cette dernière. Cette résistance ne dépend que très peu de l'âge des larves. Les larves plus jeunes, entre la deuxième et la huitième mue, succombent toutes durant les 4 jours qui suivent le dessèchement complet de la cuvette. Les larves plus âgées (onzième et douzième mue) meurent entre le 3<sup>me</sup> et le 9<sup>me</sup> jour.

On peut donc conclure que les larves *Lestes nympha* sont très mal adaptées à survivre une période de dessèchement. Cette capacité est égale de 2 à 9 jours, tandis que par exemple certaines espèces de libellules du genre *Aeschna* peuvent subsister même quelques mois sans eau (Robert 1958).

### 3. Augmentation de la densité de la population-cannibalisme

Une des conséquences biologiques de la disparition graduelle des bassins astatiques au cours de la saison est l'augmentation de la densité de la population. Cette concentration de la population peut intensifier le phénomène du cannibalisme. Chodorowski (1958) en a décrit des cas sur l'exemple de *Mochlonyx*. Cet auteur affirme que le cannibalisme chez ces animaux n'est pas un trait spécifique pour cette espèce, mais qu'il n'a lieu qu'en cas de famine.

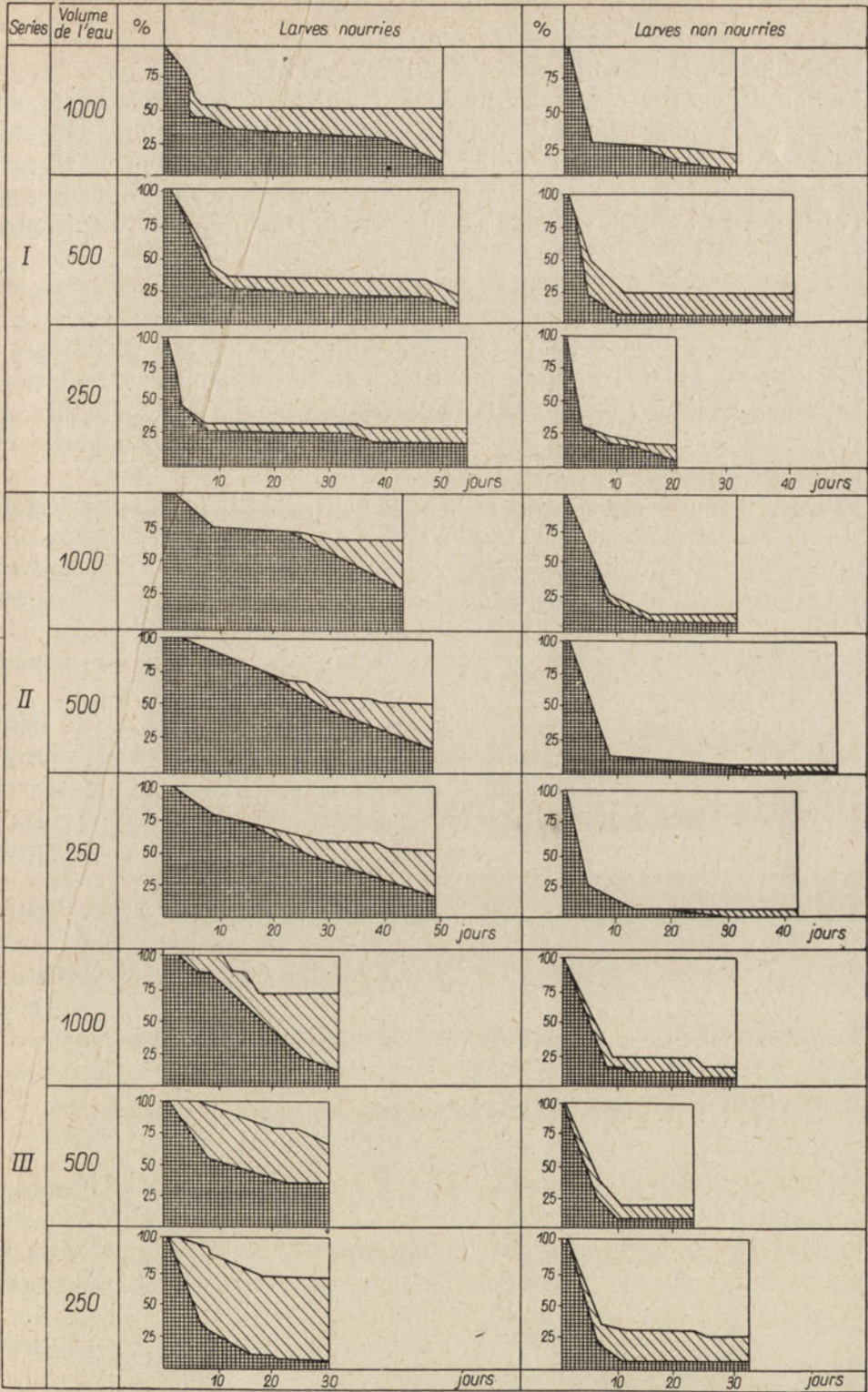
Le cannibalisme chez les libellules est évoqué par Berezina (1946) et Pawłowski (1948) ainsi que par Gardner (1950) chez les *Lestes*.

Dans le but de vérifier à quel point le cannibalisme peut exercer un effet en tant que régulateur du nombre de la population ou en tant que facteur de nutrition on accomplit des expériences de laboratoire sur

Fig. 11. Cannibalisme chez les larves en dépendance du stade de développement et du volume de l'eau

1 — larves dévorées, 2 — larves mortes pour autres raisons, 3 — larves vivantes; série I — larves d'environ 4 mm de longueur, série II — larves d'environ 7 mm de longueur, série III — larves d'environ 12 mm de longueur







l'intensité du cannibalisme chez des larves *Lestes nympha* de différent âge, en dépendance de la densité de la population. Les expériences ont été effectuées en 3 différents volumes 1000 ml, 500 ml et 250 ml avec des larves à différentes étapes de développement (4 mm, 7 mm et 12 mm de longueur). Une partie des larves était nourrie en abondance, l'autre ne l'était pas du tout; on vérifiait chaque jour le nombre de larves vivantes et mortes (Fischer 1961).

Les résultats sont illustrés sur la figure 11. Toutes les courbes de survie démontrent un cours analogue. Au début le cannibalisme est en général l'unique cause de la forte mortalité chez les larves. Après un certain temps l'intensité du cannibalisme décroît violemment. Le cannibalisme a lieu aussi bien dans les cultures possédant de la nourriture en surabondance que chez les larves affamées. Il n'est donc pas uniquement causé par la faim.

Dans les cultures de larves privées de nourriture la population décroît si rapidement qu'on ne peut établir l'effet du volume de l'eau de la culture sur l'intensité du cannibalisme. La densité des animaux restant en vie après la chute de l'intensité du cannibalisme est différente chez les catégories étudiées. Dans les cultures nourries on voit nettement que l'agressivité des larves décroît en mesure de l'augmentation du volume de l'eau.

On remarque que dans les cultures non nourries, c'est-à dire dans celles où les larves ne se nourrissent que de larves de la même espèce, la croissance des larves n'est qu'un peu moins rapide que chez les larves nourries de façon normale.

En cas de surabondance de nourriture l'agressivité des jeunes larves est supérieure à celle des larves plus âgées.

On peut donc conclure que le cannibalisme chez les larves *Lestes nympha* se manifeste aussi bien en conditions de pénurie qu'en cas de surabondance de nourriture. En cas de densité suffisamment élevée ce phénomène peut devenir un facteur de régulation du nombre de la population ainsi, qu'en certaine mesure, un facteur de nutrition.

## VI. Comparaison de la vitesse de croissance des larves des genres *Lestes* et *Coenagrion*

Les différences essentielles entre les cycles vitaux des libellules *Lestes* et *Coenagrion* ont déjà été mentionnées dans ce travail. L'un des traits adaptifs des *Lestes* qui les différencie des *Coenagrion* c'est la courte durée de leur vie larvaire. Cette différence devrait également causer un développement plus rapide des larves *Lestes*.

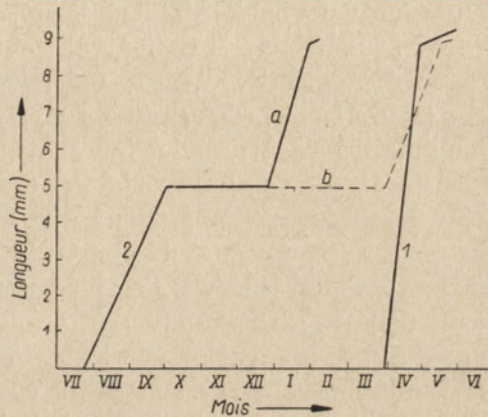
Le matériel fut prélevé d'un petit bassin de Puzcza Kampinoska.



Les observations de laboratoire furent entreprises sur les espèces *Lestes nymphæ* et *Coenagrion hastulatum*. 100 larves de chacune de ces espèces, à l'âge en moyenne de la deuxième mue, furent emplacements au début d'avril 1959 pour *L. nymphæ* et en deuxième moitié de juillet 1959 pour *C. hastulatum* dans des cuvettes de 10 cm de diamètre. Pour éviter le cannibalisme une cuvette ne contenait qu'une larve. Les larves étaient nourries en abondance de plancton et de tubifex. Tous les 3 jours on mesurait la longueur des larves de l'extrémité du labrum à la base des branchies caudales et on calculait ensuite la moyenne. On exécutait également tous les 12 jours des mesures de 50 larves capturées dans le

Fig. 12. Comparaison de la vitesse de croissance des larves des espèces *Lestes nymphæ* et *Coenagrion hastulatum*

1 — *Lestes nymphæ*, 2 — *Coenagrion hastulatum*: a) courbe réelle, b) courbe hypothétique



bassin. Dans le cas des larves *Coenagrion* ces mesures étaient effectuées jusqu'au gel du bassin.

La figure 12 représente la croissance des larves des espèces étudiées. Les données obtenues au laboratoire correspondaient aux mesures prises sur les larves se trouvant en conditions naturelles. L'unique différence observée entre les larves de culture et celles qui se trouvaient en conditions naturelles c'était une vitesse de croissance moins uniforme chez les larves en conditions naturelles, ce qui peut résulter de nouvelles éclosions se produisant dans le bassin.

La courbe 2 de la même figure illustre la croissance des larves *C. hastulatum*. En conditions de laboratoire la période de l'inhibition de la croissance dure environ 3 mois. Il est probable qu'en conditions naturelles cette étape se prolonge jusqu'à la fonte de la glace, ce qui eut lieu l'année observée au début d'avril (fig. 12, courbe hypothétique No b). Les résultats concernant l'inhibition hivernale de la croissance des larves sont en accord avec ceux de Corbet (1957) concernant d'autres espèces hibernant en forme larvaire. Le fait que l'interruption hivernale de la croissance des larves se produit également en conditions de laboratoire



(environ 20°), prouve qu'en conditions naturelles elle n'est pas seulement causée par la baisse de la température.

A part cette interruption hivernale de la croissance chez *C. hastulatum* on observe chez les deux espèces une brève inhibition de la croissance, qui précède directement la métamorphose. Chez les *Lestes* cette inhibition est plus prolongée (environ 20 jours), chez les larves *Coenagrion* elle ne dure que 3 jours.

## VII. Discussion

Le genre *Lestes* est considéré (Popova 1953) comme genre eurybiontique habitant la majorité des genres de bassins: lacs, étangs, fossés et même rivières au très faible courant. Du travail présent comme des précédents (Fischer 1959, 1961) il résulte que le milieu préféré des larves *Lestes* c'est l'eau des petits bassins astatiques. Dans les bassins temporaires ce genre domine nettement les autres genres de libellules. Dans d'autres bassins ces larves ne s'y trouvent que rarement et sont peu nombreuses. Etant donné que le processus de la disparition de ces bassins s'accompagne d'importants changements du milieu abiotique (Gieysztor 1934, Paschalski 1959) ainsi que d'une hausse de la densité de la population (Klekowski 1959, 1961), les organismes de ces bassins subissent l'effet de différentes conditions extrêmes. L'adaptation la plus générale du cycle vital du genre *Lestes* à ces conditions est la courte durée du stade larvaire (deux ou trois mois) accompagnée par un stade embryonnaire prolongé (8 mois). Chez les libellules du genre *Coenagrion* ces proportions sont renversées. La comparaison du cycle vital des deux genres peut être illustré (Wesenberg-Lund 1913, Schiemenz 1953) de la façon suivante:

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Lestes</i>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Coenagrion</i>	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

... stade embryonnaire; ---- stade larvaire; +++ stade imago.

Il semble être juste, comme l'affirme Corbet (1956), que l'hivernage des libellules sous forme d'oeufs est la meilleure façon d'endurer la période de l'hiver. C'est également la forme la plus avantageuse pour passer une période de sécheresse, les larves *Lestes* n'y étant pas bien adaptées quoique en conditions naturelles, trouvant dans le bassin des lieux où règne un microclimat plus propice, les larves *Lestes* peuvent probablement subsister une période de sécheresse un peu plus prolongée qu'en conditions expérimentales. Des cas, où des larves de libellules enfouies dans la vase ou sous des débris végétaux humides, peuvent subsister même 3 mois sans eau, ont été notés pour certaines



*Aeschnae* (Robert 1958) et pour *Coenagrion hastulatum* (Z. Fischer, données non publiées). Que de tels cas n'aient pas été notés chez les larves *Lestes* n'est fort probablement dû qu'au fait que le dessèchement d'un bassin à la période du stade larvaire de *Lestes* (avril, mai) soit très rare et ne fut pas noté pendant ces recherches.

Les larves *Lestes* démontrent une grande résistance à une hausse remarquable de la concentration des substances dissoutes dans l'eau du bassin. Une telle hausse de concentration dépasse ce que l'on observe en conditions naturelles dans les petits bassins (Allee 1950). Il fut

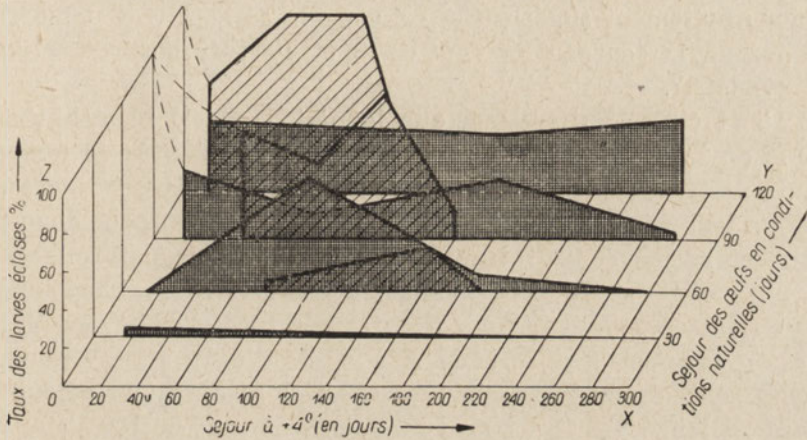


Fig. 13. Données compilées et extrapolées des figures 7 et 9

également constaté que des changements subits du volume de l'eau n'exercent également pas d'effet sur la croissance des larves.

Les expériences concernant l'effet de la température sur les œufs démontrent que leur développement optimal exige qu'ils séjournent un certain temps en température élevée (d'été) et en basse température, correspondant à celle d'automne. Cette baisse de température en automne ne peut survenir trop tôt ni durer trop longtemps mais elle est néanmoins indispensable. Dans le but d'illustrer cette thèse, les résultats ont été présentés en forme de stéréogrammes (fig. 13). Le stéréogramme haché représente les résultats obtenus en 1958/59, le stéréogramme en point-tiret ceux de 1961/62. Les différences entre ces deux stéréogrammes résultent probablement des différences des températures auxquelles se trouvaient les œufs en conditions naturelles (fig. 5). L'année 1961 possédait une plus grande amplitude des fluctuations de la température (la température moyenne était à peu près la même, mais la température moyenne minimale plus basse.) La baisse de



la température au dessous de  $0^{\circ}$  eut lieu également plus tôt. Il est peu probable que le manque d'éclosions chez les oeufs de la série A ait été causé par un choc thermique, résultant du transfert des oeufs des conditions estivales à la température de  $+4^{\circ}$ . Il est vrai que la température moyenne de juillet 1958 était assez élevée, mais les températures minimales de la journée pour juillet 1958 et juillet 1961 étaient respectivement  $+2,7^{\circ}$  et  $+6,1^{\circ}$  (données de la station de l'Institut d'Hydrologie et de Météorologie à Dziekanów Leśny). Il est également à remarquer que quoique la différence entre les températures de juillet et d'août ait été minime, la série B, prélevée du terrain au mois d'août, eut un taux d'éclosions nettement supérieur à celui de la série A. Les températures minimales de la journée en août 1958 et 1961 furent respectivement  $+5,7^{\circ}$  et  $+4,3^{\circ}$ .

Corbet (1956) qui affirme que la période de la blastokinèse chez les oeufs de *L. sponsa* dure 27 jours, est d'avis qu'après ce temps tous les oeufs se trouvent au même stade de „mature diapause eggs”, c'est à dire que leur période prédiapausale est terminée. On peut donc présumer que si les oeufs sont transférés des conditions naturelles à  $+4^{\circ}$  avant un mois, c'est à dire avant d'avoir achevé la blastokinèse et demeurent assez longtemps à cette température, l'embryon dit périr. Si le séjour des oeufs de la série A à  $+4^{\circ}$  ne dure que 15 jours, 10% des oeufs sont capables de survivre et d'éclore après un séjour suffisamment prolongé à  $+14^{\circ}$ . Après un séjour de plus de 100 jours à  $+4^{\circ}$  la survie des oeufs prélevés à un tel stade de développement tombe à zéro.

Dans la série B 1961/62 on observe un certain optimum de la durée du séjour des oeufs à  $+4^{\circ}$ . Un séjour de 15 jours à cette température tout comme un séjour de 180 ou plus exerce un effet négatif sur les oeufs. 100 jours est la durée optimale. Il semble donc que la réduction du séjour des oeufs en conditions naturelles retrécit les limites des conditions optimales. Il en résulte que malgré que les oeufs *Lestes* soient exposés à subir l'effet de considérables fluctuations de température chacune de leurs étapes est adaptée de façon assez étroite à des températures données. C'est ainsi que leur première phase de développement exige une certaine quantité de chaleur, agissant durant une période d'au moins une trentaine de jours. Avant ce temps, chaque chute de température au-dessous de la température de seuil (Corbet 1957) exerce un effet nocif.

Dans les conditions du travail présent en tant que température de seuil on a admis  $+4^{\circ}$  car c'est la température la plus élevée à laquelle, comme il a été vérifié dans des expériences séparés, on n'observe pas d'éclosions.

A l'étape suivante le développement des oeufs exige à son tour une



période de basse température. Cette basse température exigée à cette étape se place entre  $0^{\circ}$  et  $+4^{\circ}$ . Une telle température ne peut durer trop longtemps. Après 4 mois elle abaisse également le taux des éclosions.

Des expériences analogues furent accomplies par Aguesse (1961) pour l'espèce *L. barbara*. D'après cet auteur la température de seuil était égale à  $+10^{\circ}$  ce qui diffère de la température de seuil ( $+4^{\circ}$ ) observée dans ce travail. Il est fort probable que la température de seuil diffère en dépendance du climat de la région étudiée (Aguesse menait ces expériences en Camargue, au sud de la France). Les oeufs qui n'avaient pas été incubés à basse température ne possédaient qu'un faible taux d'éclosion, ce dont cet auteur déduit que le développement des libellules *Lestes* exige une période de séjour en basse température. Cette conclusion est en accord avec les données de ce travail.

Aguesse constate pour *L. barbara* et *L. macrostigma*, après Corbet (1956) pour *L. sponsa*, qu'il existe chez les espèces deux catégories d'oeufs: ceux qui éclosent en moins d'un mois après avoir été transférés à  $+20^{\circ}$  et ceux qui éclosent après 2 mois (Aguesse 1961) et 3 mois (Corbet 1956). Les données du travail présent ne confirment pas pour *L. sponsa* des environs de Varsovie l'existence de ces deux catégories d'oeufs. A partir du jour 0, c'est à dire du transfert des oeufs à  $+14^{\circ}$ , des éclosions à peu près régulières ont été observées du 1er au 140<sup>e</sup> jour d'incubation.

Comme il a été démontré, la baisse de la température au dessous de  $0^{\circ}$  produit un effet nocif sur les oeufs. Le plus avantageux pour la survie des oeufs est donc de passer l'hiver au fond du bassin. Dans ces circonstances, même si le bassin gèle jusqu' au fond, une grande partie de ces oeufs subsiste car dans le climat de la région étudiée, la température au fond des bassins n'est en général pas trop basse. La situation est moins favorable si les oeufs sont gelés dans la couche superficielle de la glace et elle le devient encore moins en cas d'hibernage dans l'air. Dans le dernier cas le gel des oeufs s'accompagne d'une certaine dessiccation qui diminue encore le taux d'éclosions. L'hiver est donc une période nocive pour la survie des oeufs. Au printemps, dès que la température dépasse celle du seuil, les éclosions ont lieu et les larves se développent rapidement. Il peut arriver, quoique rarement, que les oeufs ne soient pas inondés au printemps mais qu'ils ne se trouvent dans l'eau qu'en automne. Dans ce cas l'éclosion des oeufs peut se produire, mais les larves doivent périr probablement parce que leur développement est accompagné d'une baisse de température et non d'une hausse, comme cela a lieu le printemps (dans le bassin où un tel cas a été constaté la nourriture, en forme de plancton s'y trouvait en excès). Une telle explication est en accord avec Corbet (1957), qui constate qu'une



hausse de température est indispensable pour les larves *Coenagrion* entre leur avant-dernière et dernière étape de développement larvaire.

Durant le dessèchement du bassin il se produit une forte condensation de sa population animale ce qui suscite le phénomène du cannibalisme, fait assez commun chez les larves *Lestes*. L'hypothèse de M o y t c h a n e (1953), d'après laquelle il serait nocif de se nourrir d'individus de la même espèce et que l'assimilation normale d'une telle nourriture serait impossible, ne se trouve pas confirmée dans ce travail. Les larves *Lestes* réduites à se nourrir d'individus de leur espèce se développent normalement. Le cannibalisme peut donc jouer un certain rôle de nutrition tout comme de régulation de la densité de la population. On peut même supposer qu'en cas de „cataclysme" biologique — dessèchement complet du bassin — le cannibalisme peut être la forme de l'utilisation maximale du biotope, indispensable pour accélérer la métamorphose. Le cannibalisme a été également observé en conditions naturelles chez les larves du genre *Coenagrion* quoiqu'il semble moins fréquent que chez les larves *Lestes* (Z. F i s c h e r, données non publiées).

Cela est compréhensible en raison d'une part de la durée du développement des larves *Coenagrion*, de l'autre du fait que leur développement s'effectue dans un milieu beaucoup plus constant que celui des bassins temporaires, milieu vital des larves *Lestes*, où parfois le caractère éphémère des ces bassins peut, par lui-même, constituer un facteur accélérant certains processus (C h o d o r o w s k i 1958).

Comme il a été déjà mentionné, le milieu des petits bassins est le milieu typique du genre *Lestes*. Il résulte néanmoins des recherches effectuées dans ce travail que les larves *Lestes* ne sont pas toujours présentes dans ce genre de bassins. Elles ne furent constatées que dans 20% des petits bassins étudiés. La grande quantité d'observations effectuées rendit possible l'emploi de méthodes statistiques dans le but d'analyser la corrélation entre certains facteurs du milieu et la présence des larves dans un bassin donné. C'est ainsi qu'employant ces méthodes on ne trouva de corrélation ni simple ni complexe entre d'une part la présence des larves dans un bassin et de l'autre la profondeur maximale, la quantité des espèces végétales dans le bassin, son degré de couverture par les plantes, ainsi que les assemblages végétaux, analysés du point de vue purement phytosociologique. Ce dernier manque de corrélation a été constaté pour d'autres larves de libellules (*Libellula auripennis*, *L. needhami*, *L. axilema* et autres) par N e e d h a m (1949) qui trouva par contre une dépendance de la présence de ces espèces de certaines plantes dominantes du bassin. Cet auteur rejette la classification purement botanique et ne s'appuie que sur la façon dont l'espace aquatique est occupé par la végétation.



Les résultats obtenus dans ce travail sont en accord avec ce point de vue et la „structure architectonique” formée dans un bassin donné par les plantes aquatiques dominantes a été admise en tant que certain indice de la présence ou de l'absence des larves *Lestes* dans ce bassin.

L'analyse de la répartition des larves à l'intérieur du bassin permet de constater que les larves démontrent une certaine préférence pour certains milieux qui se caractérisent par la présence de certaines plantes dominantes.

Ainsi donc, la première condition indispensable de l'apparition de larves *Lestes* dans un bassin est la présence dans ce bassin de plantes se prêtant à y déposer les oeufs. Pour les petits bassins astatiques cette condition est le plus souvent accomplie étant donnée la grande variété d'espèces végétales poussant dans ce genre de bassins et la variété des plantes dans lesquelles les oeufs des *Lestes* peuvent être déposés. Il n'en résulte néanmoins pas que les oeufs soient déposés dans tous les bassins de ce genre. Pour pondre les oeufs les *Lestes* choisissent certains types de bassins astatiques, qui se caractérisent par une „structure architectonique” donnée de la végétation (par exemple „*Glyceria*”, „*Equisetum*”, „*Typha*”). Cette „structure architectonique” ne peut être traitée d'ailleurs qu'en tant qu'indice général et assez relatif.

Du point de vue thermique les oeufs exigent durant la première période les températures élevées de l'été. On peut présumer que la ponte dans des tiges de plantes aquatiques émergées est favorable au développement des oeufs car elle leur assure les températures plus élevées de l'air en été que de l'eau. Le dessèchement des bassins en juillet et août, phénomène très fréquent dans ce genre de bassins, est donc un facteur propice pour le développement des oeufs *Lestes*. De même la hausse du niveau de l'eau en automne, observée en général dans ces bassins, est un phénomène favorable au développement des oeufs car il leur permet d'éviter le gel dans l'air en hiver. Il est également préférable, pour la même raison, que l'hiver ne soit pas trop précoce et qu'il n'arrive qu'après la tombée des plantes au fond des bassins.

Si en outre le niveau de l'eau est suffisamment élevée et l'hiver assez doux le bassin ne gèle pas jusqu' au fond et le développement des oeufs s'effectue en conditions optimales.

### Conclusions

1. Les larves du genre *Lestes* se trouvent le plus souvent dans quelques genres de petits bassins astatiques possédant certaines structures architectoniques comme „*Potamogeton*”, „*Glyceria*”, „*Equisetum*” et „*Typha*”.



2. La répartition des larves à l'intérieur des bassins n'est pas uniforme; les larves démontrent une certaine préférence pour des groupements de plantes où dominent *Equisetum limosum*, *Glyceria glutans*, *Hottonia palustris*, *Carex Hudsonii*.

3. Les conditions indispensables pour le cours normal du cycle vital du genre *Lestes* sont les suivantes: a) période de hautes températures pendant les premiers 30 jours après la ponte, b) période des basses températures d'automne.

4. Les conditions suivantes favorisent le développement des libellules: a) bas niveau de l'eau en été, b) hausse du niveau en automne, c) haut niveau de l'eau au printemps, d) chute des tiges chargées d'oeufs au fond du bassin avant la période de gel.

5. Les traits adaptifs du genre *Lestes* aux conditions astatiques des bassins périodiques sont les suivants: a) brève période du stade larvaire (2 mois environ) et longue période de vie embryonnaire, b) résistance aux changements du volume de l'eau et à une hausse de 30 fois de la concentration des substances dissoutes dans l'eau du bassin.

6. La hausse de la densité de la population ayant lieu dans un bassin en état de disparition intensifie le cannibalisme; ce cannibalisme n'exerce pas d'effet nocif sur le développement des larves restant en vie.

7. Les larves *Lestes nymphæ* sont mal adaptées à survivre les périodes sans eau.

Je saisis l'occasion d'exprimer ma profonde gratitude à Monsieur le Docteur R. Klekowski qui m'a guidé de ses conseils précieux durant ce travail.

### Bibliographie

1. Aguesse P., 1961. Contribution à l'étude écologiques des Zygoptères de Camarque. Thèses de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.
2. Berezina N. A., 1946. Pitanie liczinok strekoz. Zool. Zhurnal., 25; 516—522.
3. Brandt A., von, 1935. Hydrographische Untersuchungen an kleinen Waldgewässern inter besonderer Berücksichtigung der Jahreszeitlichen Schwangungen. Ber. Westpreuss. bot.-zool. Ver. 57; 61—155.
4. Brandt A., von, 1936. Temperaturschwankungen in kleinen Waldgewässern Arch. Hydrobiol., 30; 132—141.
5. Brandt A., von, 1937. Das thermische Kleingewässerjahr. Bioklim. Beibl., 4; 32—34.
6. Braun-Blanquet J., 1951. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Aufl. 2. Wien.
7. Chodorowska W., 1959. Nicienie wolnożyjące drobnych zbiorników Puszczy Kampinoskiej. Ekol. Pol., ser. B, 5; 35—37.
8. Chodorowska W., Chodorowski A., 1958. Drobne zbiorniki Puszczy Kampinoskiej. Ekol. Pol., ser. B, 4; 203—222.
9. Chodorowski A., 1958. Badania nad zmiennością układów biocenotycznych



- w okresowych zbiornikach wodnych Puszczy Kampinoskiej. Ekol. Pol., ser. B, 4; 238—241.
10. Chodorowski A., 1958. Wpływ wysychania zbiorników okresowych na stosunek drapieżnik ofiara. Ekol. Pol., ser. B, 4; 41—44.
  11. Chodorowski A., 1961. Niektóre cechy termiczne drobnych zbiorników Puszczy Kampinoskiej w okresie wiosennym. Pol. Arch. Hydrobiol., 9; 287—315.
  12. Chopard L., 1948. Atlas des libellules de France, Belgique, Suisse. Paris.
  13. Conci C., Nielsen C., 1956. Fauna d'Italia. vol. I. Odonata. Bologna.
  14. Corbet P. S., 1954. Seasonal regulation in British dragonflies. Nature, Lond. 174, 655.
  15. Corbet P. S., 1955. The larval stages of *Coenagrion mercuriale* (Charp) (Odonata: Coenagrionidae). Proc. R. Ent. Soc. Lond. (A) 30; 115—126.
  16. Corbet P. S., 1956. The life-histories of *Lestes sponsa* (Hansemann) and *Sympetrum striolatum* (Charpentier) (Odonata). Tijdschr. Ent., 99; 217—229.
  17. Corbet P. S., 1957. The life-histories of two summer species of dragonfly (Odonata: Coenagrionidae). Proc. Zool. Soc. Lond. 128 (3); 403—418.
  18. Corbet P. S., 1958. Emergence of a summer species of dragonfly. Nature, Lond. 182, pp. 194.
  19. Corbet P. S., Longfield C., Moore N. W., 1960. Dragonflies. London.
  20. Fischer E., 1960. Niektóre bakteryjne przemiany związków azotowych w drobnych zbiornikach wodnych okolic Warszawy. Pol. Arch. Hydrobiol., 7; 103—123.
  21. Fischer E., 1961. Próba charakterystyki mikrobiologicznej jednego z drobnych zbiorników okolic Warszawy w okresie zimowym. Pol. Arch. Hydrobiol., 9; 319—347.
  22. Fischer Z., 1958. Wpływ temperatury na rozwój jaj *Lestes sponsa* Leach. (Odonata). Ekol. Pol., ser. B, 4; 305—309.
  23. Fischer Z., 1959. Odonata drobnych zbiorników okolic Mikołajek. Pol. Arch. Hydrobiol., 5; 183—201.
  24. Fischer Z., 1960. The influence of some changes environment on the development of *Daphnia magna* Straus and the larvae of dragonfly *Lestes nympha* Sel. Pol. Arch. Hydrobiol., 7; 125—142.
  25. Fischer Z., 1961. Cannibalism among the larvae of the dragonfly *Lestes nympha* Selys. Ekol. Pol. ser. B, 7; 33—39.
  26. Fischer Z., 1961. Some date on the Odonata larvae of small pools. Int. Rev. Hydrobiol., 46; 269—275.
  27. Gardner A. E., 1950/51. The early stages of Odonata. Trans. South London Ent. Nat. Hist. Soc. 1950/51; 83—88.
  28. Gajl K., Über zwei faunistische Typen aus der umgebung von Warschau auf Grund von Untersuchungen an *Phyllopora* und *Copepoda*. Bull. Int. Acad. Cracovie (Acad. pol. Sci.) Cl. Sci. Math. Nat., ser. B. 1924, (I/2B), 13—55.
  29. Gieysztor M., 1934. Limnologische Untersuchungen an einigen Kleingewässern. Arch. Hydrob. Ryb., 8; 75—148.
  30. Gessner F., 1959. Hydrobotanik. Bd. I. Berlin.
  31. Klekowski R. Z., 1959. Survival of desiccating molluscs *Planorbis planorbis* in dependance on some environmental conditions. Pol. Arch. Hydrobiol., 5; 71—89.
  32. Klekowski R. Z., 1961. Survival of *Planorbis* and other snails in diluted sea-water and during the following desiccation. Pol. Arch. Hydrobiol., 9; 383—406.



33. Kobendza R., 1930. Stosunki fitosocjologiczne Puszczy Kampinoskiej. *Planta polon.*, 2, ss. 200.
34. Longfield C., 1937. The dragonflies of the British Isles. London.
35. May N., 1933. Libellen oder Wasserjungfern (*Odonata*). Die Tierwelt Deutschlands. Teil 27, Jena.
36. Mowczan W. A., 1953. O wnutriwodnych odnoszenijach u ryb. *Agrobiologia*, 81; 81—91.
37. Motyka J., 1962. Ekologia roślin. Część ogólna i analityczna. Warszawa.
38. Nauman E., 1931. Limnologische Terminologie. w; Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Hrsg. E. Abderhalden. Abt. 9. Teil 8. Berlin.
39. Needham J. G., 1949. The ditch at Archbold Biological Station and the dragonflies resident in it. *Ecology*, 30; 450—461.
40. Paschalski J., 1959. Obserwacje warunków środowiskowych drobnych zbiorników wodnych okolic Warszawy. *Ekol. Pol.*, ser. A, 7; 1—20.
41. Pawłowski S. N., 1948. Oczerki iz žizni presnowodnych žywtornyh. Gosudarstw. izdatel „Sowieckaja Nauka”.
42. Popowa A. N., 1953. Liczinki strekoz fauny SSSR. Moskwa.
43. Principles of Animal Ecology. 1950. Edit. W. C. Alee... (i in.), tłum. pol. Zasady ekologii zwierząt, t. 1—2. 1958. Warszawa.
44. Robert P. A., 1958. Les Libellules (*Odonates*). Delachaux et Niestlè, Neuchatel.
45. Ris F., 1909. *Odonata*. Die Süßwasserfauna Deutschland H. 9.
46. Rostant J., 1935. Les livres de nature, „La vie des Libellules”, Libr. Stock, Delamaip et Boutelleau, Paris.
47. Weiman H., 1934. Hydrobiologische und Hydrographische Untersuchungen an zwei teichartigen Gewasser. *Beih. bot. Zbl. Abt. II.*, 51.
48. Wesenberg-Lund., 1913. Odonaten Studien. *Int. Rev. Hydrobiol.* (Teil 1—2), 6; 155—228, 373—422.
49. Urbański J., 1948. Krytyczny przegląd ważek (*Odonata*) Polski. *Ann. U.M.C.S., soc. C*, 3; 289—317.



J. Paschalski

**Circulation types of lakes**

Department of Experimental Hydrobiology, Nencki Institute Warsaw, Poland

Received 6.XII.1963

The research progress in physical limnology leads, among other trends, to cognition of phenomena concerned with circulation of waters in lakes, and to description and classification of circulation types of lakes. In the last century, Whipple (1898) had distinguished three thermo-circulation types of lakes on the basis of presence or absence of thermal stratifications and on the temperature values of bottom layers. In spite of this fact, analyses, elaboration, and systematization of water movement phenomena in lakes started about forty years later.

The European authors mostly dealt with this problem, such as: Ruttner (1933), Findenegg (1933, 1936, 1937), Passowicz (1938), Olszewski (1953, 1959), Wiszniewski (1953), Löffler (1957), Paschalski (1959, 1961, 1963), and also Yoshimura (1937, 1938) in Japan and Hutchinson (1957) in USA who collaborated with Löffler (Hutchinson and Löffler 1956). Introduction of the concept of holomictic and meromictic lakes by Findenegg (1937) was a crucial point showing the ways and supplying with criteria to define features for systematization of lakes according to circulation of their water masses, and this led to classification of them into circulation types. According to the author mentioned, the holomictic lakes are characterised by full circulation occurring several times during summer, or at least twice or once a year. On the other hand, in the meromictic lakes the bottom layers of water do not circulate. Studying the Suwałki—Augustów lake district, Passowicz (1938) has defined the lakes with a slight circulation of water as bradymictic, and these with strong circulation as tachymictic lakes. Later on, Olszewski (1953) proposed to define the lakes with an average circulation as eumictic lakes.



Wiszniewski (1953), „developing the Findenegg's idea”, has distinguished three degrees of lake staticity, defining them as follows:

„1. meromictic lakes, highly static, so that even during the spring and autumn circulations the bottom masses of water stay unmixed;

2. holomictic lakes, which undergo the full mixing during the spring and autumn circulations, retaining, however, the conspicuous summer stratification, so that their hypolimnion stays unmixed during the summer:

3. polymictic lakes (a new term), with the whole water mixed several times in summer, thus, the summer stratification can maintain short periods only, and the bottom layers of water are overheated”.

Wiszniewski (1953), therefore, has defined the former, rather general, concept of holomictic lakes, and distinguished from them the lakes with circulation down to the bottom occurring several times during summer, terming them the polymictic lakes. Simultaneously, Wiszniewski (1953) suggested to substitute the Stangenberg's (1936) „pond” type of lakes by this circulation type.

Up to now, no definition in terms and principles of the discussed system was given of the type of lakes in which the water masses circulate down to the bottom once a year in autumn. In these lakes, after melting of ice a very short pre-vernal circulation occurs in spring (Paschalski 1963). This circulation may not reach the bottom, or, if it does, it lasts not long enough, or is too weak to destroy thoroughly the winter stratification. Circulation mentioned may be lacking as it was observed by Rossolimo (1929), Findenegg (1937), Rodhe (1942), Olszewski (1953), Patalas (1960). This type of lakes falls in between two other circulation types, i.e. holomictic and meromictic, through lakes with bradymictic circulation. Now, it seems necessary to consider the Rodhe's (1942) views on the intermittent meromixis, since with progress in investigation on water circulation in lakes, the cognition of circulations transitional in their character will render further examples, and will allow to define, and probably change, the concept of the type or subtype. Rodhe (1942) defines this kind of meromixis as “the spring meromixis”. Such a definition does not seem to be fully justified and useful in the classification system of circulation types of lakes under discussion. The phenomenon of circulation can also occur in autumn, in lakes adequately situated in a terrain and with a favourable shaping of the basin, at a certain course of atmospheric conditions. The Rodhe's definition (1942), moreover, is based on the criterion of a season in the year, unprecedented for the system under discussion. This feature will vary with different geographical zones. When applied,



it renders difficulties and complicates the former system, which is simple and clear, since based on significant, in this case, phenomena, occurring directly in the environment discussed, that is, on the phenomena of circulation of the water masses in the lake. For that reason, including and using the seasonal factor to the system classifying types of circulation in lakes seem to be unreasonable. This factor, however, plays an important role in estimation of seasonal movements of water within circulation types and subtypes of lakes (Paschalski 1959, 1961, 1963). It is possible that a prefix "meso" may become useful for defining the transitional type, e.g. "mesobradymixis", or "mesomero-bradymixis", or even without this prefix, using combination of terms describing two other types of circulation, i.e. "meromixis" and "bradymixis", between which the discussed type falls, one can obtain the term "merobradymixis".

It may also happen that, in other types of circulation, the polymictic circulation will have to be considered as a transitional type between the holomictic type and the type of lakes in which the waters circulate fully and constantly. Paschalski (1961) has described this type as pleomictic. Maucha (1931) dealt with the problem of movements of the waters in large and shallow Hungarian lakes, such as Balaton, Velence, etc., defining them as the "pannonian type", and explaining that he considers this definition as temporary and regional one. Rodhe (1942) points out the similarity of movements of the water masses in the lakes discussed to the lake epilimnions, defining them as "epilimnetic". Defining circulation types of lakes on the basis of an analogy with their thermo-circulation strata seems to be futile, especially when faced with an impossibility to apply this criterion to differentiated phenomena in movements of the water masses in the lakes under discussion. In that case, one would invent unacceptable, meaningless concepts such as "epi-metalimnetic", etc., which of course, cannot serve as the basis for general classification, and for formation of classifying systems.

Hutchison (1957) describes and defines a number of circulation types of lakes, using the following factors for their characterization: geographical region, altitude, climate, number of circulation periods in the year, oscillation and limits of water temperatures. At the same time, he substitutes the current terms by new ones as "temperate lake" by "dimictic lake", polar lake by "cold monomictic", "tropical" by "warm monomictic", etc. He also introduces such terms as "amictic" for permanently frozen lakes of antarctic regions and at very high altitudes in the Andes, "oligomictic" — for lakes with small or average surface area, or for very deep lakes of tropical and humid lowland regions, and "poly-



mictic" — for large and shallow or moderately deep lakes of equatorial regions, in windy and humid areas, and especially for lakes situated at high altitudes.

Hutchinson (1957) also gives three "classes" of lakes according to their thermal situation and their circulation, developing and modifying somewhat the Whipple's classification (1898), mentioned earlier.

"Amictic" or permanently frozen, antarctic lakes, or lakes situated at very high altitudes are hardly found in Poland. Neither oligomictic lakes with rare circulation, typical for less differentiated, very humid climate, are present there. Among monomictic lakes, Hutchinson (1957) describes "warm monomictic" lakes, which for standardization and facilitation of terminology will be defined here as "thermomonomictic". Hutchinson (1957) introduces the term "warm monomictic" to define a tropical lake with winter circulation above 4° C. He uses the term "cold monomictic" for a polar lake, which, again, for the above given reason, will be referred to as "psychromonomictic".

In discussing the types of monomictic circulation of lakes, Hutchinson (1957) explains that, when defining a circulation as monomictic, no information is given whether it occurs at the range of cold or warm temperatures, in this case, it refers to "warm monomictic" thus lakes, that is tropical lakes. Two types of circulation, i.e. thermo- and psychromonomictic do not occur in Poland, although some of our mountain lakes resemble the latter. These are so-called "frozen ponds", situated at such a high altitude that their maximum temperature approximates 4° C in summer. According to Szaflarski (1932) it amounts to 5° C.

It appears that the monomictic type has not been yet finally defined by Hutchinson (1957) and Löffler (1957). It is somewhat restricted by thermal and climate-geographic conditions. It does not fit to pleomictic lakes (Paschalski 1961) of the Temperate Zone, which are stagnant only in winter, and which circulate during the remaining seasons. At that time, the circulating masses of water are heated from low winter temperatures to the highest summer temperatures, and then back to low autumn temperatures. Thus according to Hutchinson's (1957) classification, these lakes become twice a year psychromonomictic, and once a year — thermomonomictic, with thermal conditions varying sharply with the seasons. Completing the Hutchinson's (1957) suggestions, one would regard this thermo-variable, monomictic circulation as "metamonomictic", and the lake with such type of circulation as a "metamonomictic" lake.

Among circulation types of lakes mentioned by Hutchinson



(1957) the "dimictic" type corresponds to conditions in our geographical latitude, and to the type of temperate lakes, the term being accepted long ago. Hutchinson (1957) neither extends nor defines closely the dimictic type, except the discussion of its occurrence. He does not refer to former, original elaborations and definitions concerned with this problem more extensively (Findenegg 1936, 1937, Passowicz 1938, Olszewski 1953, 1959, Wiszniewski 1953). Neither he attempts to compare and relate the circulation types of lakes proposed to the three, somewhat modified by him, classes given by Whipple (1898), except the third type, which he combines with monomictic lakes of the "tropical type".

In our conditions, the "polymictic" type of lake circulation suggested by Hutchinson (1957) is of some interest. This type has been introduced by Hutchinson and Löffler (1956) for lakes with large surface, average or small depth, of equatorial windy regions with low humidity, and especially for lakes situated in these regions at high altitudes, in mountains. To these lakes he ascribes the highest polymixis.

Hutchinson and Löffler (1956), however, used the term "polymixis" which had been introduced earlier by Wiszniewski (1953)<sup>1</sup>, for variable states of summer stratifications in lakes of moderate latitudes. These stratifications are easily destroyed by multiple circulation of the whole heated masses of water. Hutchinson and Löffler did not consider this term, which has been accurately applied and discussed by Wiszniewski (1953, as fitting well to conditions of the Temperate Zone (Hutchinson and Löffler 1956, Hutchinson 1957, Löffler 1957).

To characterize the polymictic type of circulation, two factors were chosen by Hutchinson (1957) as responsible for homeothermic conditions in lakes of mountainous regions: the wind and an intense heating of water by day, followed by cooling at night. Hutchinson (1957) reports on the wind effect relying on unpublished data by Löffler, which concern large and shallow lakes of moderate depth, situated in windy, dry regions of the equatorial zone. However, the author did not explain clearly the role of depth in circulation, nor did he relate the described phenomena to the mean depth of a lake, and especially to its relative depth. According to Hutchinson (1957), the high difference in temperature of water, originating from a considerable heating of water during the daytime, and cooling at night, is the other factor responsible for homeothermic conditions in polymictic lakes situated in mountains of

<sup>1</sup> The paper had been written during the war 1939—1945, and published in 1953, after Wiszniewski had died († 1944).



equatorial regions, the role of wind being not mentioned. It does not seem probable that the difference in temperature itself, and hence the difference in density of water, causing the convective motions, would bring about homeothermic conditions in lakes (Olszewski 1953), providing that the lakes are very shallow or the conditions are so extreme that the phenomenon can occur within 24 hours, and can reach deeper strata.

In spite of the general similarity depending on the periodicity of the phenomenon between the circulation phenomena described by Hutchinson (1957) as polymictic, and those earlier defined by Wiszniewski (1953) as polymictic, there are conspicuous differences between them. These differences result from a number of circumstances such as: geographical position, altitude, thermal regimes, criterion of depth, various frequency of the phenomenon etc. Moreover, the circulation in lakes of large area, and small relative depth, undergoing an intense effect of windiness is not very clearly discussed by Hutchinson (1957), who quoted Löffler's data for exemplification. One does not know whether the circulation in these lakes reaches down to the bottom periodically or permanently. This latter circumstance can occur in the lakes mentioned at a strong wind action.

Thus, some ambiguities arise because of insufficient definition of the concept of polymictic type of circulation by Hutchinson (1957), with incongruence of features characteristic for both concepts of polymixis (Wiszniewski 1953, Hutchinson 1957).

In comparison to his former presentation (Hutchinson and Löffler 1956), Löffler (1957) has broadened the concept of polymixis suggesting to define shallow lakes but of relatively large area in equatorial regions situated high in mountains as cold polymictic (kalt polimiktisch), and those situated at low altitudes as warm polymictic (warm polimiktisch) which in the present work will be defined as thermopolymictic and psychropolymictic. No data can be found in literature on probable polymixis in European shallow high-mountain reservoirs, and its occurrence has been mentioned for larger lakes in the Alps and Tatra (Olszewski 1953). In order to improve our classification of lake types it would be useful to evaluate the existing data together with additional field observations and thus to produce a general picture of the characteristics of polymictic lakes (with subtypes, if necessary) for different climatic and altitudinal regions. For it is most likely that polymictic circulation of lakes can occur at different latitudes and altitudes, providing that the conditions are different climatic and altitudinal regions. For it is most likely that polymictic circulation of lakes can occur at different latitudes and altitudes, providing that the conditions are favourable, that is the morphometry of the basin and of its surroundings ensures the



exposure to wind action. Also climatic conditions should supply intense variations in windiness and temperature. It would help to develop the knowledge on thermics and circulation of astatic water bodies and their transitional forms toward static ones, apart from the problems concerning circulation of lakes, taking into account the concept of astatic and eustatic conditions of a water body, suggested by Gajl (1924).

From the aspect of evaluation and characterization of circulation types of lakes the three thermo-circulation classes of lakes already mentioned given by Whipple and Hutchinson (1957) are of a great importance.

Accepting the hypolimnion temperature as a basis for classification into these classes indicates that this classification is connected with intensity of circulation. The second class of Whipple-Hutchinson's (1957) system can correspond, among other types, to tachymictic type, since it includes lakes with stratification and with the bottom temperature of water higher than  $4^{\circ}\text{C}$ , the trend of temperatures indicating a considerable increase of heat in a lake.

The third class of this system is also interesting, since it includes lakes void of thermal stratification in summer, however, Hutchinson (1957) does not analyse the circulation of these lakes.

The problem under discussion concerns the lakes which in temperate climatic conditions circulate permanently, that is in spring, summer, and autumn, and even often in early winter, until the lake freezes. The large surface, in spite of considerable depths, is a decisive factor in circulation, since under climatic conditions of Poland the lakes of the similar depths but of smaller areas show clear stratification. However, the depths of large lakes under discussion are insufficient to evoke stratification, or even to mark the basis of epilimnion.

Lake Śniardwy can be a good example of such reservoir that is of a lake with full circulation lasting through spring-summer-autumn period in the lake districts close to the Baltic Sea. Its area is relatively very large, about 10,600 ha highly exposed to the wind action. Its maximum depth is rather high, 25 m., and its mean depth rather small, according to Grębecki, Kinastowski and Kuźnicki (1954) it amounts to about 11.5 m, the relative depth being 0.0024. Such a small relative depth, as compared with compactness of the lake and its large area is a good indicator of possibilities for full and permanent circulation to occur.

Following the accepted principles and ways of distinguishing circulation types of temperate lakes (Findenegg 1936, 1937, Passowicz 1936, Olszewski 1953, Wiszniewski 1953), Paschalski



(1961) has discussed the phenomenon of full, permanent circulation defining it as "pleosinehemixis" or "pleoishyromixis" (pleos = full, sinehes = continuous, ishyros = permanent). For simplification purpose, Paschalski (1961) suggested to accept the term "pleomixis", since the above given terms are somewhat awkward. In general, it is hardly possible to comprise all possible characteristics of a phenomenon in one defining term, such a term should express the most important feature of the phenomenon. Thus, "pleomixis" would mean fullness of circulation in time, i.e. when the lake is not icebound, and in space, i.e. reaching steadily the bottom of lake. The general presentation of pleomictic characteristics is given in Table I. Characteristics of other types of circulation are presented for comparison purpose in Table II — for bradymixis, Table III — eumixis, and Table IV — tachymixis.

Up to now the classification system of lakes of the Temperate Zone includes the following types of circulation: meromictic (Findenegg 1936, 1937), holomictic (Findenegg 1936, 1937), later on the circulations: bradymictic (Passowicz 1938), eumictic (Olszewski 1953), tachymictic (Passowicz 1938), and finally polymictic (Wiszniewski 1953). Then, the system can be supplemented with pleomictic type of circulation after Paschalski (1961).

All these types of circulation of water masses are arranged from meromictic circulation to full and permanent pleomictic circulation, as presented in Table V. The arrangement comprises the differentiation into types and subtypes. Meromictic, holomictic and pleomictic circulations are considered as circulation types, and bradymictic, eumictic and tachymictic — as sub-types. The polymictic circulation and the "merobradymictic" one proposed above are considered as transitional types. Schematic trends of characteristic thermal curves in summer, except the variable trend of polymictic curves, are presented in Fig. 1.

One can expect the transitional forms to exist between adjacent circulation types. These forms are expected to originate with the elapse of geological time, as well as to result from various morphometric characteristics of a lake, or various meteorological conditions in subsequent years.

In the first situation the irreversible changes can arise as a result of aging processes of a lake, which becomes shallow and of smaller area, also of changes in water level and of lake surroundings causing different exposure to wind action, finally climatic changes, etc.

In the second situation involving clearly different course of meteorological phenomena in subsequent years, for example a rapid coming of spring or a change in intensity and direction of wind, or in general windiness, or a prolonged period of calm weather and higher than ave-



rage air temperatures (Paschalski 1960), no full spring circulation can occur in lakes with weak circulation (Rossolimo 1929, Findenegg 1937, Olszewski 1953). But at extremely strong wind action, the stagnant bottom layer of waters, characteristic for meromictic lakes, can become thinner (Passowicz 1938), or can disappear completely (Olszewski 1953).

One can easily imagine that any polymictic lake can show a deviation in its circulation type towards tachymixis during the calm and warm summer, and when the summer is cold and windy, the less clear polymixis, or even typical polymixis will approach the pleomictic state.

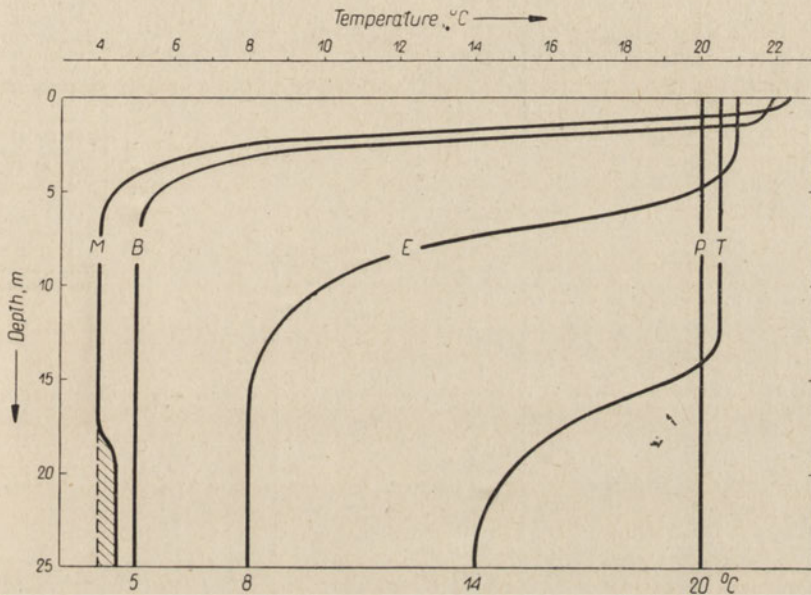


Fig. 1. Schematic trends of thermal curves in summer for lakes: meromictic (M), bradymictic (B), eumictic (E), tachymictic (T) and pleomictic (P)

Of some importance are also activities of man, who lets into lakes sewages carrying highly concentrated solutions from the chemical plants. Also removing the forests, which shelter the lake from wind action, can bring about thinning analogically disappearance of the stagnant bottom layers of water, typical for meromixis, or bradymixis can shift to eumixis, etc. On the other hand, when the surroundings of a lake become afforested, the reverse situation can be observed. Possibilities and trends of these changes are indicated by arrows in the scheme of circulation types of temperate lakes (Tab. V).



Tab.I. Seasonal characteristics of pleomorphic

Time and duration										Thermal	
Months	Seasons			Duration period related to climatic and phenological seasons of a year	Approximated limits of temperatures of water masses or layers, in °C	Thermal					
	Climetological	Phenological	In aspect of lake			Type of phenomenon					
January	Winter	Winter	Beginning of winter or prolonged autumn without icing	Normal, if the icing and the beginning of winter occur. Variable, short or long autumnal period if icing is to occur late in winter	4 →	Mixing of cold surface waters					
December											
November	Late autumn	Autumn	Autumn								
October	Autumn	Early autumn									
September	Summer	Summer	Spring								
August											
July											
June											
May	Real spring	Full spring	Beginning of spring	Considerably prolonged	4 → 8 → 16 → 20	Mixing of heated or cooled surface waters with the preponderance of warming processes					
April											
March	Prevernal period	Later pre-vernal period	Further duration of winter with pre-vernal phenomena under the ice	Prolonged	→ 4 →	Winter thermal conditions with prevernal warming of water masses under the ice and over the bottom					
		Early spring									



circulation of water masses in lakes

conditions changes Result of changes	Movements and stabilization of water masses				Circulation characteristics
	Dynamics of water masses and layers	Effect on stratification	Circulation range	Effect on thermal conditions	
Warming of water masses	No water movements	Advantageous	No water movements	Thermal differentiation	No circulation, the end of winter stagnation
Warming of water masses	Origination, intensification and deepening of circulation	Destroying	Partial or full	Equalizing tendencies, or homeothermal conditions	Partial, short- lasting, per-vernal circulation equalizing and warming the water masses, or next, full, shortlasting, warming prevernal circulation
Heating of water masses	Circulation	Preventive	Full	Homeothermal conditions	Full, considerably prolonged, spring, and later on, spring- summer circulation, heating or cooling the water masses
Cooling of water masses	Circulation	Preventive	Full	Homeothermal conditions	Full, earlier, longlasting autumnal cooling circulation
Cold water masses	Circulation	Preventive	Full	Homeothermal conditions	Full, short or long- lasting, prolonged, autumnal cold circulation



Tab.II. Seasonal characteristics of eumictic

Months		Time and duration				Thermal	
		Seasons			Duration period related to climatic and phenological seasons of a year	Approximated limits of temperature of water masses of layers in °C	Thermal Type of phenomenon
		Climatological	Phenological	In aspect of lake			
January	Winter	Winter	Winter	Beginning of winter of prolonged autumn without icing	Normal, if the icing and the beginning of winter occur. Variable, short-lasting or longer period, if icing is to occur late in winter	4 →	Mixing of cold surface waters
February	Winter	Winter	Winter	Beginning of winter of prolonged autumn without icing	Normal, if the icing and the beginning of winter occur. Variable, short-lasting or longer period, if icing is to occur late in winter	4 →	Mixing of cold surface waters
March	March	Prevernal period	Later prevernal period	Further duration of winter with pre-vernal phenomena under the ice	Prolonged	→ 4 →	Winter thermal conditions with prevernal warming of waters under the ice, in the water masses, and over the bottom
April	April	Real spring	Early spring	Beginning of spring	very short	→ 4	Mixing of winter stratifications, of warmed of cold surface waters, with the preponderance of warming processes
May	May		Full spring	Spring	short	4 → 8	Mixing of heated or cooled surface waters, with preponderance of heating
June	June	Summer	Early summer	Beginning of summer	Earlier and prolonged	(7 - 9)	Mixing of heated or cooled surface waters, with preponderance of heating
July	July						Summer
August	August	Summer	Summer	Summer	Long	Upper layers → 20 → Lower layers 8	
September	September					Autumn	Early autumn
October	October	Autumn	Autumn	Autumn	Prolonged		
November	November					Autumn	Autumn
December	December	Winter	Winter	Beginning of winter of prolonged autumn without icing	Normal, if the icing and the beginning of winter occur. Variable, short-lasting or longer period, if icing is to occur late in winter		



circulation of water masses in lakes

conditions	Movements and stabilization of water masses				Circulation characteristics
changes	Dynamics of water masses and layers	Effect on stratification	Circulation range	Effect on thermal conditions	
Result of changes					
Warming of water masses	No water movements	Advantageous	No water movements	Thermal differentiations	No circulation, the end of winter stagnation
Warming of water masses	Origination, intensification, and deepening of circulation	Destroying	Partial or full	Equalizing tendencies, or homeothermal conditions	Partial, and then full, short-lasting prevernal circulation equalizing and warming the water masses
Heating of water masses	Circulation and its reduction	Preventive	Full with beginning of reduction	Homeothermal conditions with first thermal differentiations	Full, short-lasting, spring, heating circulation
Heating or cooling of the circulating layers with heating processes prevailing. Inconsiderable changes in stagnant layers of water	Circulation in epilimnion, stagnation in hypolimnion	Maintaining	Partial	Lasting thermal differentiations and stratifications	Partial, long-lasting, slightly oscillating summer circulation, heating or cooling
Heating or cooling of the circulating layers. Inconsiderable changes in the stagnant layers	Circulation in epilimnion, stagnation in hypolimnion	Maintaining	Partial	Lasting thermal differentiations and stratifications	Partial, long-lasting, slightly oscillating summer circulation, heating or cooling
Cooling of the circulating and stagnant layers	Intensification of circulation in the expense of stagnation	Destroying	Partial but close to full, then full	Destruction of thermal differentiations and stratifications, tendency to homeothermal conditions	Partial, prolonged, cooling and equalizing pre-autumnal circulation
Cooling of water masses	Circulation	Preventive	Full	Homeothermal conditions	Full, shortened, cooling, autumnal circulation
Cold water masses	Circulation	Preventive	Full	Homeothermal conditions	Full, short-lasting or prolonged autumnal, cooling circulation



Tab.III. Seasonal characteristics of bradymictic

Months	Time and duration				Thermal	
	Climatological	Seasons		Duration period related to climatic and phenological seasons of a year	Approximated limits of temperature of water masses or layers, in °C	Thermal Type of phenomenon
		Phenological	In aspect of lake			
Merch	Prevernal period	Later prevernal period	Further duration of winter with pre-vernal phenomena under the ice	Prolonged	→ 4 →	Winter thermal conditions with prevernal warming of waters under the ice, in the water masses, and over the bottom
		Early spring				
April	Real spring	Full spring	Beginning of spring	Especially short	→ 4	Mixing of winter stratifications, of warmed or cold surface waters, with the preponderance of warming processes.
			Spring			
May			Beginning of summer	Especially early, prolonged	4 → 5	Mixing of heated or cooled surface waters, with preponderance of heating
			Summer			
June		Early summer	Summer	Early, prolonged	Upper layers 5 → 8 → 16 → 20 Lower layers 5 → 5,5	Mixing of heated or cooled surface waters in the epilimnion, with heating processes prevailing, slight heating of the hypolimnion
July		Summer				
August		Summer	Summer	Prolonged	Upper layers 20 → 22 → 24 Lower layers 5,5 → 6	Mixing of heated or cooled surface masses in the epilimnion, with cooling processes prevailing. Slight heating of the hypolimnion
September		Early autumn				
October	Autumn	Autumn	Beginning of autumn, with many features of summer and late summer, retained	Prolonged	Upper layers 20 → 6, 5,5 Lower layers 6, 5,5 → 5	Mixing of the cooled surface waters
November	Late autumn					
December		Autumn	Autumn	Very short	5 → 4	Mixing of the cold surface waters
January	Winter	Winter	Beginning of winter or prolonged autumn without icing	Normal, if the icing and the beginning of winter occur. Variable, short-lasting or longer period, if icing is to occur in winter	4 →	Mixing of the cold surface waters



circulation of water masses in lakes

conditions changes	Movements and stabilization of water masses				Circulation characteristics
	Dynamics of water masses and layers	Effect on stratification	Circulation range	Effect on thermal conditions	
Result of changes					
Warming of water masses	No water movements	Advantageous	No water movements	Thermal differentiations	No circulation, the end of winter stagnation
Warming of water masses	Origination, intensification, and deepening of circulation	Destroying	Partial	Tendency to homeothermal conditions	Partial, especially short-lasting, early spring, equalizing and warming circulation
Heating of water masses	Intensification of circulation	Destroying	Partial or full	Tendency to thermal equalization, or homeothermal conditions*	Partial or full, especially short, early spring circulation, equalizing and heating the water masses *
Heating or cooling of the circulating layers. Slight heating of the hypolimnion	Circulation in epilimnion, stagnation in hypolimnion	Strongly maintaining	Partial	Origination and duration of thermal differentiations and stratifications	Partial, especially accelerated, very poorly oscillating summer circulation, cooling or heating
Heating or cooling of the circulating masses. Slight heating of the stagnant layers	Circulation of epilimnion, stagnation in hypolimnion	Very strongly maintaining	Partial	Strongly maintaining the thermal differentiations and stratifications	Partial, especially weakly oscillating summer circulation, cooling and heating
Heating or cooling of the circulating masses with cooling processes prevailing. Slight heating of the stagnant layers	Circulation in epilimnion and very strong stagnation in hypolimnion	Strongly maintaining	Partial	Maintaining the thermal differentiations and stratifications	Partial deepening and equalizing, early autumnal circulation, heating and cooling
Cooling of water masses	Circulation in epilimnion, stagnation in hypolimnion, or circulation of the water masses *	Maintaining or preventive	Partial or full*	Maintaining the thermal differentiations and stratifications, or destruction of stratifications and the homeothermal conditions*	Prolonged, partial, deepening and equalizing, early autumnal cooling circulation, or full, shortened, autumnal cooling circulation *
Cold water masses	Circulation in epilimnion, stagnation in hypolimnion, or circulation of the water masses*	Maintaining or preventive	Partial or full*	Maintaining the thermal differentiations and stratifications, or destruction of stratifications, and the homeothermal conditions*	Considerably prolonged, partial, cold autumnal circulation, or* full, short- or long-lasting, prolonged cold autumnal circulation, if no icing appears in early winter

Depending on the degree of bradymixis in the lake, and on the course of meteorological phenomena



Tab. IV. Seasonal characteristics of tachymetric

		Time and duration			Thermal	
Months	Climatological	Seasons		Duration period related to climatic and phenological seasons of a year	Approximated limits of temperature of water masses or layers in °C	Thermal Type of phenomenon
		Phenological	In aspect of lake			
March	Prevernal period	Later prevernal period	Further duration of winter with pre-vernal phenomena under the ice	Prolonged	→ 4 →	Winter thermal conditions with prevernal warming of waters under the ice, in the water masses, and over the bottom
April	Real spring	Early spring				
May		Real spring	Full spring	Beginning of spring	Very short	→ 4
June	Summer			Early summer	Spring	Prolonged
July		Summer	Summer			
August	Summer			Summer	Summer	Shortened
September		Autumn	Early autumn			
October	Autumn			Autumn	Autumn	Long
November		Late autumn	Autumn			
December	Winter	Winter		Beginning of winter or prolonged autumn without icing	Normal, if the icing and the beginning of winter occur. Variable, shortlasting or longer period of prolonged autumn, if icing is to occur late in winter	4 →
January						

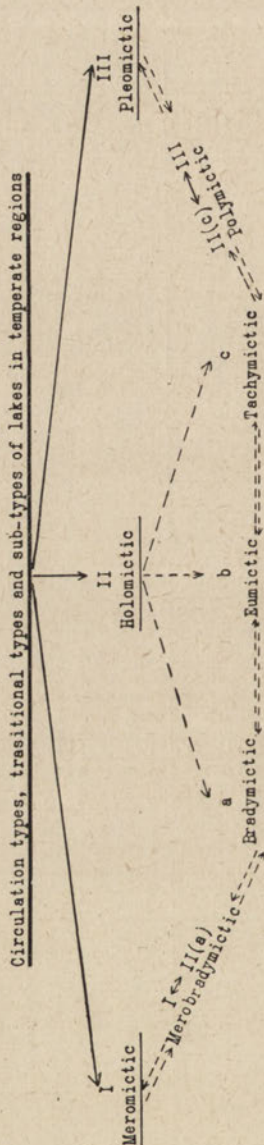


circulation of water masses in lakes

conditions	Movements and stabilization of water masses				Circulation characteristics
changes	Dynamic of water masses and layers	Effect on stratification	Circulation range	Effect on thermal conditions	
Result of changes					
Warming of water masses	No water movements	Advantageous	No water movements	Thermal differentiations	No circulation, the end of winter stagnation
Warming of water masses	Origination, intensification, and deepening	Destroying	Partial or full	Equalizing tendencies, or hemothermal conditions	Partial, short-lasting, early spring, equalizing or warming circulation, or full, short-lasting, early spring, warming circulation
Heating of water masses	Circulation with first weakening marked	Preventive	Full with range limitation marked	Homeothermal conditions, with weak, temporary thermal differentiations	Full, heating, spring circulation
Heating of water masses	Circulation with weakenings	Preventive	Full with range limitation	Homeothermal conditions with temporary thermal differentiation	Full, prolonged, heating, spring circulation
Heating or cooling of the circulation masses, with stagnant layers slightly warmed	Circulation in epilimnion, not very stable stagnation in hypolimnion	Slightly maintaining	Partial	Maintaining oscillating thermal differentiations and stratifications	Partial, shortened and deepened, strongly oscillating, heating or cooling, summer circulation
Cooling of the circulating masses. Warming and then cooling of the stagnant layers	Intensification of circulation in the expanse of stagnation	Destroying	Partial	Destruction of thermal differentiations and stratifications, tendency to homeothermal conditions	Partial, shortened, deepening and equalizing, early autumn cooling circulation
Cooling of water masses	Circulation	Preventive	Full	Homeothermal conditions	Full, long-lasting, autumnal cooling circulation
Cold water masses	Circulation	Preventive	Full	Homeothermal conditions	Full, short- or longlasting, prolonged, autumnal cold circulation



Tab.V. Configuration of circulation types (I, II, III), transitional types/I-II(a)/, /II(c)-III) and sub-types (a, b, c) of lakes in temperate regions, from meromictic (I) partial circulation to full and permanent pleomictic (III) circulation



Tab.VI. Changes of seasonal circulations in circulation types, transitional types and sub-types in lakes of temperate regions

Circulation types of lakes	Circulation sub-types	Transitional type	Climatological seasons of the year and the corresponding circulation								Remarks		
			Early spring	Spring	Early summer	Summer	Zerly autumn	Autumn	Early winter				
I Meromictic	—	—	meromixis	bradymerixis	bradymerixis	bradymerixis	bradymerixis	bradymerixis	eumixis	eumixis	eumixis	circulolimnion	
			meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	monolimnion
			meromixis	bradymerixis	bradymerixis	bradymerixis	bradymerixis	bradymerixis	bradymerixis	bradymerixis	bradymerixis	bradymerixis	circulolimnion
II Holomictic	—	—	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	monolimnion	
			meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	monolimnion
			meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	monolimnion
III Pleomictic	—	—	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	
			meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis
			meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis	meromixis

\* Undefined kind of circulation during the transitional period

---- Circulation type of lake according to the state in full summer, spring and autumn in meromixis, spring in merobredymixis

— Delimitation of strong seasonal circulations from the average and weak ones



It is interesting to know that circulation types and sub-types of lakes of temperate regions appear consecutively in lakes during the seasons of a year from spring to autumn in various sequences, differing in variously circulating lakes (Tab. VI). These changes Paschalski (1959) has termed as "seasonal" circulation. The general scheme (Tab. VI) shows the conceivable situations. However, this problem needs more extensive studies which should be carried out on suitably chosen lakes.

This is the summer period and its seasonal circulation that is the best indicator of the right circulation type or sub-type of a lake (Tab. VI). Yet, the type should be defined at possibly average meteorological conditions. The circulation in the other seasons of a year can shift to other types or sub-types. Circulations ultimate in their character, such as pleomictic and bradymictic show the highest uniformity, the bradymictic type prevailing in the circulating layers of meromictic lakes. This layer was defined by Olszewski (1953) as circulolimnion (Tab. VI).

Transitional periods between seasonal circulations, and especially the occurrence of polymictic conditions as well as shifting of seasonal circulations accompanied by changes in meteorological conditions in subsequent years, are of a great interest. Such changes can even lead to the change of the general type of circulation.

The sequence of seasonal circulations in bradymictic sub-type is the most regular, i.e. it is in accordance with increasing intensity of motions of water masses, and therefore, with circulation types of lakes appearing consecutively. This regularity, as illustrated by configuration of types and sub-types in relation to seasonal circulations, follows the general and principal sequence of types presented in Table V, from seasonal occurrence of meromixis through dominating bradymixis, and then eumixis and tachymixis, to pleomixis, with polymixis possible before the latter.

Up to now, the classification of lakes of temperate regions was based, as it has been shown, on the principles put forward by Findenegg (1936, 1937) and developed by Passowicz (1938), Olszewski (1953), and Wiszniewski (1953). Estimation of intensity and vertical range of circulation as well as frequency and recurrence of this phenomenon within a year, were the classifying criteria. On this basis, Paschalski (1961) added as a supplement to this classification the concept of pleomixis.

Hutchinson and Löffler have classified lakes on the basis of their occurrence in geographical zones, on the number of circulations within a year, and on temperature of water masses (Hutchinson and Löffler 1956, Hutchinson 1957, Löffler 1957). Thus, this classification has only one element common with the European classification, namely, the number of circulations within a year. Hutchinson



and Löffler (1956) have distinguished the following circulations: "amictic, cold monomictic, warm monomictic, oligomictic, dimictic, and polymictic". In the discussion of these circulations, given earlier in the present paper, the author has introduced, according to the rules accepted by Hutchinson and Löffler (1956), also Hutchinson (1957), Löffler (1957), the missing definition for lakes of the Temperate Zone, characterized by large area, small relative depth, and radical changes in temperature of the fully circulating water masses within the limits of cold temperatures about 4°C (spring) through warm, on average 20°C (summer) and back again to cold, below 4°C (autumn and early spring). This kind of circulation was defined as "metamonomictic".

Although Hutchinson and Löffler (1956) considered their system as thermal ("The thermal classification of lakes"), their classification is not based on thermal phenomena fundamentally and exclusively, but on circulation phenomena, mainly. Defining any type or sub-type, they have always used the ending "mictic" with a prefix describing the frequency of the phenomenon, thus obtaining "amictic, oligo-, mono-, di-, and polymictic". Only in two instances, nota bene concerning sub-types, they mentioned the temperature limits of the water mass besides the frequency of circulation, distinguishing "warm" or "cold" monomictic lakes. This apparently resulted from the fact that a number of definitions such as "meromixis" or "holomixis" had been used for a long time.

Hutchinson and Löffler (1956) have arranged the circulation types of lakes according to zones and regions of the globe, and to their altitudes, which seems fully justified, for both monomictic and polymictic lakes can be found in temperate regions, besides those mentioned by the authors. Since their classification was not based on the range and intensity of circulation, the criteria which point excellently to the meromictic type of circulation taken into account in the European classification, the authors were not able to include this type into their classification system, even though they paid much attention to the problem of meromixis. Lack of meromictic type in the scheme of lake types presented by Hutchinson and Löffler (1956) (Fig. 2B), and on the map given by Löffler (1957) is also comprehensible, since this scheme is based on such factors as altitudinal position of a lake, latitude, number of circulations within a year, and temperature of the water masses. The principal difference between the classification system under discussion and the European system depends on the absence of the factor of range and intensity of circulation in the former. The European system of classification emphasizes clearly the meaning of circulation phenomenon, understood dynamically, and the range of circulation as fundamentals for classification of circulation types of lakes.



The graphical presentation of types of lakes given by Hutchinson and Löffler (1956) (Fig. 2B) does not take into account the polymixis occurring besides high mountains of equatorial regions although, according to Löffler (after Hutchinson 1957), the phenomenon can occur below this level, as well as in other zones which has been mentioned already (Wiszniewski 1953). It is hardly possible to in-

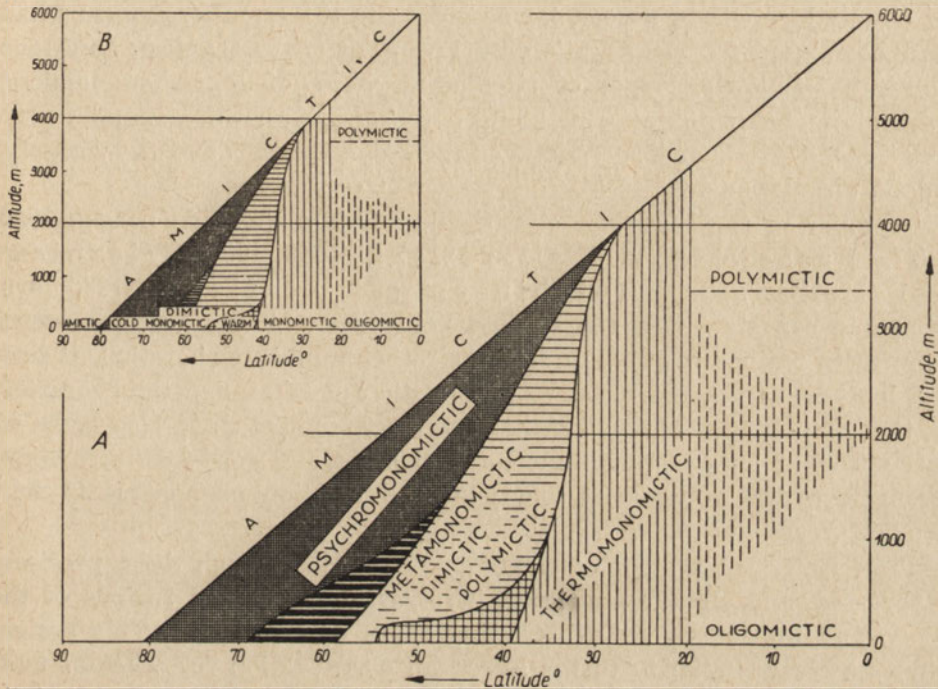


Fig. 2A. Scheme of distribution of circulation types of lakes according to Hutchinson and Löffler (1956), modified and complemented

Fig. 2B. Scheme of distribution of circulation types of lakes of the globe in relation to latitude and altitude, according to Hutchinson and Löffler (1956)

clude the meromictic phenomena into the system being under discussion, since it does not consider the circulation factor dynamically and spatially, as it is the case in the European system. All one can do is to add to that system the concept of metamonomictic circulation for the temperate regions, inserting it between psychro- and thermomonimictic circulations (Fig. 2A). The area of occurrence of metamonomictic lakes will cover the area of dimimictic and polymimictic lakes, for these lakes defined by Hutchinson (1957) as dimimictic, polymimictic, and metamonomictic can be found at the same latitudes. All this leads to a conclusion that the



discussed system becomes complicated and less clear with addition of other circulation types.

The above given circumstances point to some difficulties which arise when comparing the types of lakes reported by Hutchinson and Löffler with these described by European authors. This accounts for the attempt made in this paper to arrange the types of lakes suggested by the above mentioned authors according to the criterion of the number of circulations within a year, i.e. according to the common feature which had been used for classification by European authors a long time ago. Thus, the following types of circulation were distinguished: amictic, oligomictic, monomictic — including psychro- and thermomonomictic circulations, dimictic and polymictic — including thermo- and psychropoly-mictic circulations.

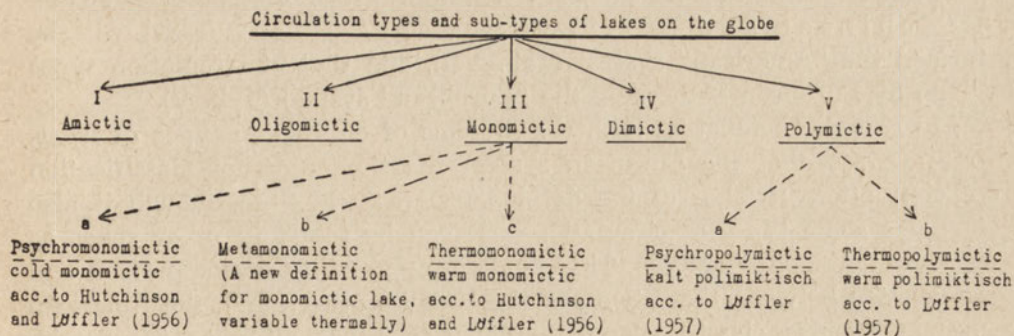
Comparing the European classification system (Findenegg 1936, 1937, Passowicz 1938, Olszewski, 1953, 1959, Wiszniewski 1953) with the Hutchinson and Löffler's (1956) system, one can state that the former, being even more precise, concerns temperate regions mainly. In spite of rather minute elaboration, it does not include, as yet, the pleomictic circulation of lakes, and the characterization of polymictic lakes has not been yet completed. It also lacks an estimation of long lasting limnological changes, and short-lasting seasonal changes, which would shift the type of circulation phenomena in subsequent years.

The American system of classification, even though less precisely elaborated, and already restricted, involves all zones and regions of the globe and introduces very interesting types of circulation. This system shows a clear similarity to the European classification for lakes of temperate regions, because of polymictic lakes, and especially the dimictic lakes, which correspond with one of the European types, namely with the type of holomictic lakes. Other similarities, however, are not taken into consideration, for example, the fact that monomictic type should also include pleomictic lakes. This fact is quite comprehensible, since Hutchinson and Löffler (1956) did not take into account this type of circulation, which, as a supplement to their system, was termed as metamonomictic.

Hence, arranging the types of lakes proposed by Hutchinson (1957) according to the sequence and frequency of circulations occurring in them, and substituting the term "cold monomictic" with psychromonomictic" and "warm monomictic" — with the term "thermomonomictic", supplementing it also with metamonomictic circulation, one can obtain the following system of circulation types and sub-types of lakes of the globe: I. amictic, II. oligomictic, III. monomictic with sub-types:



Tab.VII. Circulation types and sub-types of lakes of the globe from amictic (I) to polymictic (V) with uniforming changes of terms in type III, sub-types a and c, and with complement of type III with a sub-type b - metamonomictic. Also polymictic type is divided into two sub-types: cold polymictic and warm polymictic according to Löffler (1957) with uniforming changes of terms of these sub-types



Tab.VIII. Comparison between the American system of circulation types of lakes of the Globe and the European system of circulation types of lakes of the Temperate Zone, with changes in III a, c and complement in III b and V a, b

American system of circulation types of lakes			European system of circulation types of lakes		
Lakes of the Globe			Lakes of the Temperate Zone		
Circulation type	Circulation sub-type	Occurrence	Circulation type	Circulation sub-type	Occurrence
I Amictic	-	Anterctica and high mountains in other regions	-	Transitional type	-
II Oligomictic	-	Tropical and Equatorial Zones - damp lowlands	-	-	-
III Monomictic	a. psychromonomictic	Polar Zone and high mountains in other regions	-	-	-
	b. metamonomictic	Temperate Zone	-	-	-
	c. thermomonomictic	Tropical Zone	-	-	-
?	-	-	I Meromictic	-	Lowlands and mountains
IV Dimictic	-	Temperate Zone	Merobradymictic		Lowlands and mountains
			II Holomictic	a. Bradymictic b. Eumictic c. Tachymictic	
V Polymictic	a. psychropolymictic	Equatorial, Tropical and Temperate Zones at various altitudes	Polymictic		
	b. thermopolymictic		III Pleomictic	-	Lowlands and mountains



psychro- meta- and thermomonomictic, IV. dimictic, V. polymictic with sub-types: thermo- and psychropolymictic (Tab. VII).

The classification based on circulation types of lakes given by Hutchinson and Löffler (1956), and Löffler (1957) will be termed the "American" system (Tab. VII), and that of circulation types given by European authors — the "European" system (Tab. V).

In general, evaluating both the systems of circulation types of lakes, one can say that the European system fits the needs for classification of circulation in lakes of the defined geographical zone, though it also includes some types of circulation that can be found in other zones as well (polymixis, pleomixis). This renders a possibility of comparison and connection between these two systems. On the other hand, the American system enables classification of circulation types all over the world, however it needs some complementing, drawn especially from the European system.

The problem of classification of lakes as regards circulation phenomena of their water masses has reached some point already, but still it is an open question, for there is a possibility that in the variety of natural conditions of the globe, other types of circulation can be found, with a number of sub-types and transitional forms in between.

### Final remarks

1. Two systems of classifying the circulation phenomena of lakes have been distinguished as the "European" and "American" systems (Tab. VIII).
2. The mutual relationship of the two systems (Tab. VIII), and their importance have been established.
3. A new circulation type for those lakes whose waters circulate constantly and down to the bottom has been added to the European system. The type was termed as "pleomictic" (Tab. V—VIII). The circulation in lakes intermediate between bradymictic and meromictic circulations has defined moreover as "merobradymictic" circulation (Tab. V, VI, VIII).
4. The nomenclature in the American system has been standardized. The "metamonomictic" circulation has been added moreover, corresponding to "pleomictic" circulation (Tab. VI, VIII).
5. Circulations distinguished in the European and American systems have been arranged into types, transitional types and sub-types (Tab. V—VIII).
6. Characteristics have been given of the seasonal circulations in the circulation types, transitional types, and sub-types of lakes (Tab. I, II, III, IV).
7. Characteristics have been given of the types, transitional types and



sub-types of lakes in the European system, according to the types of circulation occurring in lakes of the temperate regions in particular seasons (Tab. VI).

8. An emphasis has been laid on the fact that the full summer spring and autumn in meromixis, spring in merobradymixis is the best time to establish the circulation type, transitional type or sub-type of the lake, at an average course of weather conditions.

9. The possibility of a shift or change in the intensity and range of circulation has been emphasized in relation to aging processes of lakes, changes of the water level, changes in wind sheltering effect of surroundings, etc.

### References

1. Åberg B., Rodhe W., 1942. Über die Milieufaktoren in einigen Süd-schwedischen Seen. Symb. Bot. Upsal. V.: 1—256.
2. Findenegg I., 1933. Alpenseen ohne Vollzirkulation. Int. Rev. Hydrob. Ges. Hydrogr. 28: 295—311.
3. Findenegg I., 1936. Die Bedeutung des Klimas für die Entstehung geologischer Seetypen. Bioklim. Beibl.: 57—63.
4. Findenegg I., 1937. Holomiktische and Meromiktische Seen. Inter. Rev. Ges. Hydrob. Hydrogr. 35: 586—610.
5. Gajl K., 1924. O dwóch typach faunistycznych z okolic Warszawy; na podstawie badań nad *Phyllopora* i *Copepoda* (exl. *Harpacticidae*). [Über zwei faunistische Typen aus der ungebund von Warschau auf Grund von Untersuchungen an *Phyllopora* und *Copepoda* (exl. *Harpacticidae*)]. Bull. Ac. Pol. Sci. Lettr. Cl. Sc. Mat. Nat. Ser. B: 13—55.
6. Grębecki A., Kinastowski W., Kuźnicki L., 1954. Uwagi o ekologii larwy *Molanna angustata* Curt. w związku z jej rozmieszczeniem w jeziorach [Observations sur l'écologie de la larve de *Molanna angustata* Curt. et sa répartition dans le milieu]. Pol. Arch. Hydrobiol. II (XV): 191—235.
7. Hutchinson G. E., Löffler H., 1956. The Thermal classification of Lakes. Proc. Nat. Acad. of Sc. 42: 84—86.
8. Hutchinson G. E., 1957. A Treatise on Limnology. New York — London.
9. Löffler H., 1957. Die klimatischen Typen des holomiktischen Sees. Mitt. Geogr. Gesell. 99: 35—44.
10. Maucha R., 1931. Sauerstoffsichtung und Seetypenlehre. Verh. Int. Ver. Limnol. V, 75—102.
11. Olszewski P., 1953. The thermal Condition of Mountains Lakes. Bull. Ac. Pol. Sc. L. Ser. A: 239—290.
12. Olszewski P., 1959. Stopnie nasilenia wpływu wiatru na jeziora. (Graduation in the intensity of the wind effects on lakes). Zesz. Nauk. WSR, Olsztyn, 4: 111—132.
13. Paschalski J., 1959. Tachymiksja Jeziora Dargin. (Lake Dargin — a study in tachymixis). Zesz. Nauk. WSR, Olsztyn, 9: 253—291.
14. Paschalski J., 1960. Epilimnion Jeziora Mikołajskiego latem 1959. (Epilimnion des Mikołajki — Sees im Sommer 1959). Ecol. Pol. S. B. IV: 131—138.
15. Paschalski J., 1961. Zjawiska silnego krążenia mas wodnych jezior. (The



- phenomena of strong circulation of lake water masses). Dysertacja UMK. Toruń. (Dissertation, University of Toruń).
16. Paschalski J., 1963. Bradymiksja Jeziora Starodworskiego (Lake Starodworskie — a study in Bradymixis). Zesz. Nauk. WSR, Olsztyn, 16 : 3—40.
  17. Passowicz K., 1938. Ein meromiktischer See im Suwałki-Gebiet. Arch. Hydrob. Ryb. IX : 210—214.
  18. Patalas K., 1960 Mieszanie wody jako czynnik określający intensywność krążenia materii w różnych morfologicznie jeziorach okolic Węgorzewa. (Mixing of water as the factor defining intensity of food materials circulation in morphologically different lakes of Węgorzewo district). Roczn. Nauk. Roln. 77-B : 223—242.
  19. Rossolimo L., 1929. Termika Kosińskich ozier. (Thermik der Kossino-Seen). Trud. Kos. Biolog. Stanc. 10 : 3—41.
  20. Ruttner F., 1933. Untersuchungen über die biochemische Schichtung in einigen Ostalpenseen. Geogr. Jahresber. Österr. 16:73—87.
  21. Stangenberg M., 1936. Szkic limnologiczny na tle stosunków hydrochemicznych pojezierza Suwalskiego. (Limnologische Charakteristik der Seen des Suwałki — Gebietes auf Grund der hydrochemischen Untersuchungen). Rozp. Spr. Inst. Bad. Las. Państw. w W-wie. Ser. A. 16 : 7—85.
  22. Szaflarski J., 1932. Z badań nad termiką jezior tatrzańskich. (Sur la thermique des lacs des Tatras). Przegl. Geogr. XII:181—184.
  23. Whipple G. C. 1898. Classifications of Lakes according to temperature. Amer. Nat. 32:25—33. (after Hutchinson G. E. 1957).
  24. Wiszniewski J., 1953. Uwagi w sprawie typologii jezior Polski. (Remarques sur la classification typologique des lacs en Pologne). Pol. Arch. Hydrobiol. I (XIV) : 11—23.
  25. Yoshimura S., 1937. Abnormal thermal stratifications on inland Lakes. Proc. Imp. Acad. Japan, 13:316—319.
  26. Yoshimura S., 1938. Dissolved oxygen of the lake waters of Japan. Sci. Rep. Tok. Bunrika Daig. Sect. C. 8 : 63—277.



Ph. Mordukhai-Boltovskoi

## On the origin of latin names of freshwater crustaceans

Institute of Inland Water Biology Acad. Sci. USSR

Received 25.IV.1964

Every zoologist and hydrobiologist knows and employs hundreds (and some even thousands) Latin names of animals. Many of them have been assimilated by our memory as if becoming a part of our language. Usually we do not think of their origin as well as of the origin or our native language's words. But this question eventually arises and then it turns out that it is not always easy to find a satisfactory answer.

Often we do not understand the meaning of Latin names not only because of bad knowledge of ancient languages, but also because of ignorance of the proper names used for their formation. Many Latin names arose in the initial period of development of zoology, in ancient time. Public sentiments and tastes of those times have influenced science as well, having left for ever a characteristic vestige in the scientific biological nomenclature. Latin names of many organisms are therefore, properly speaking, memorials of the past, fortunately preserved for us by the International Rules of Zoological Nomenclature composed at the beginning of this century.

I have made an attempt to find out the meaning and origin of Latin names of freshwater crustaceans, especially entomostracans widely used in the zoological, hydrobiological, and even educational literature. I had to spend much time for this before the task was fulfilled<sup>1</sup>.

To explain how I proceeded in this work I would like, first of all, to remind the rules of formation of scientific names. The Rules of Zoological Nomenclature published first in 1905 (but adopted, as it is known,

---

<sup>1</sup> I am very much indebted to Drs B. S. Kuzin, A. A. Strelkov and G. G. Winberg for looking through the manuscript and for some valuable comments, and to Drs W. A. Dorfman and N. N. Smirnov for the aid in translation.



in 1901 at the V International Congress of Zoology) prescribe to construct all scientific names of the animals as Latin words<sup>2</sup>.

It means that all specific names, if they are adjectives, must have gender inflexions (-us, -in — in masculine, -a, -is — in feminine, -um, -e — in neuter) and if nouns or are built of proper names — genitive's endings (-i — in masculine, -ae — in feminine in singular and corresponding -orum and -arum in plural). Besides, they must agree in gender with the generic name. The latter must be a noun or a word treated as a noun in singular nominative, Latin or descending from various languages, but necessarily latinized. Latinization means that a personal name gets a Latin ending (preferably: -a, -ea, -ia, -us, -ius, -im, -ium) and, if an ancient Greek word is used, certain Greek letters are to be transliterated into certain Latin letters (for instance — Greek letters ε and η turn into Latin e, υ — into y, συ — into u, ending ος — into us, ον — into um, etc.)<sup>3</sup>

In spite of these and other unification rules the author is still left great freedom in naming newly described animals and much therefore depends on his tact and his feeling the right measure<sup>4</sup>.

It is quite unfortunate that the Nomenclature Rules allow the use for generic and specific names of various popular native names of

<sup>2</sup> The last edition of the Rules of Zoological Nomenclature appeared after the XVth Zoological Congress (International Code of Zoological Nomenclature, London, 1961). The interpretation of these rules is to be found in: R. Richter „Einführung in die zoologische Nomenklatur durch Erläuterung der internationalen Regeln“, Frankfurt, 1943; E. Shenk and I. Mc Masters: „Procedure in Taxonomy“, Stanford Univ. Press, 3-d Edit, 1956.

<sup>3</sup> The rules of latinization of Greek letters nad endings are to be found in the above mentioned International Code and in Schenk and McMasters' book.

<sup>4</sup> Lack of these qualities has led to such names as the nearly unpronounceable specific name of one insect *anteromediobasalimagnofasciatipennis* and, even worse, the generic name of one amphipod *Siemienkiewiczziechinogammarus*, and of one fish — *Microstomaticoichthyoborus*.

The denomination by B. Iljin of one jelly-fish *Eugenia cimmeria* (= Eugen of Kerch, by name of E. N. Kudelina, and by ancient name of Kerch strait) does not give rise to any unfavourable criticism; the denomination by W. Uljanin of some turbellarians of the Black Sea by woman-names with various adjectives: *Ludmilla graciosa*, *Tamara elongatula*, *Vera taurica*, *Nadina pulchella*, *Rusalka pontica* — seems to be misuse and suggests various conjectures; but the formation by Kirkaldy of a series of generic names *Peggichisme*, *Marychisme*, *Nanichisme*, representing latinized Peggy kiss me, Mary kiss me a.s.o. looks comical and depicts the author in an infavourable light. (Some of these examples are borrowed from Mayr, Linsley and Usinger "Methods and principles of Systematic Zoology", 1956, and I. Needham "Scientific Names", Science, LXXI, 1930).



animals, geographic points, nicknames and even made-up words (coined or nonsense names and anagrams) <sup>5</sup>.

As to the names of water invertebrates used nowadays we must first of all take notice that many of them are very old, often more than 100 or even 150—200 years.

One of the pioneers in the study of fresh-water microfauna was the famous Danish scientist Otto Frederic Müller (the Old Müller, first of three Müllers — “founders of hydrobiology”), whose excellent descriptions of a great number of water invertebrates have been published in his posthumous “Entomostraca” (1785) and “Animalcula Infusoria” (1786). A little later on the books appeared by P. Latreille on Arthropoda (1802—1809), of L. Jurine on Monoculus (as he named lower crustaceans) (1820). The time of these first investigators of crustaceans — the end of the 18th and the beginning of the 19th century — is the time of passion for the classic ancient Greek and ancient Latin culture, which have left so bright traces in art and literature.

Naturally enough, zoologists of that epoch widely used images of antiquity in naming the newly described animals. The ancient Greek deities, muses and nymphs, heroes and monsters, personages of legends, sometimes even historical characters provided an abundant source of generic names, either in virtue of some resemblance with the described animal or the beauty of some names and good familiarity with them since the schooldays.

Therefore many generic names are proper names of Greek origin. But when the generic name was formed of words connected with some properties of animals, there were (and are often in our time as well) usually employed also Greek words. Old generic names are generally latinized Greek names; but species names are mostly Latin (although among them Greek names also occur).

However, some old generic names can not be deciphered with the help of the Greek language and Greek mythology, and the search for their sources leads to ancient Keltic legends. Some genera of lower crustaceans owe their names to personages of Songs of Ossian, an ancient Scottish bard of the 2nd — 3rd centuries A.D. (they were given by Baird and Leach).

More modern generic names are in many cases derivatives of surnames of scientists or are formed by adding prefixes or endings to the old generic names of kindred animals.

---

<sup>5</sup> For instance two cladoceran species, dwelling in the lake Titikaka are named by I. Harding *Alonopsis titi* and *Pleuroxus caca*. In spite of Strangeness of these names the rules were not violated by the author.



To understand the meaning of zoological names it is useful to keep in mind some more widely used prefixes and endings. The prefix *A* means absence or denial, *Eu* — good or true, genuine, *Para* — closeness, relationship, parallelism. The endings *-oides*, *-oida* and *-opsis* generally mean likeness, analogy or similar appearance (from Greek εἶδος — appearance, exterior, and ὄψις — look, aspect), *cola* — inhabiting or habitat (from Latin colere — inhabit, dwell), *-pes*, *-poda*, *-pedia* — foot or feet <sup>6</sup>.

Now I may turn to an explanation or the meaning and origin of the names of freshwater crustaceans. Here I analyse mainly the generic names and only partly (the less known) specific names, as the latter can mostly be translated by means of a good Latin dictionary <sup>7</sup>. I restrict myself only to *Cladocera*, *Ostracoda* and *Copepoda* (calanids and cyclopids) of Palearctic, to which most widely distributed and well known forms belong, but I try to give the meaning of all generic names of these groups <sup>8</sup>.

Class *Crustacea* means having a shell (crusta, Lat.). Order *Copepoda* — bar-footed (Gr.) owing to the shape of their feet.

*Cyclops* — the name of single-eyed giants, hammersmiths of Hephaestus. Cyclops (in Greek κύκλωψ) means, properly speaking, round-eyed <sup>9</sup>.

*Micro-*, *Meso-*, *Macrocyclops* — quite understandable derivatives.

*Eucyclops* means a true cyclops (Gr.), *Paracyclops* — next to or related to cyclops (Gr.), *Acanthocyclops* — having spines (Gr.). Ἄκανθα means in Greek properly a prickle, but would mostly be translated as thorn, spine.

The specific names of *Cyclopoida* mean various properties, expressed in Latin. I may list several of them: *strenuus* — impetuous, swift; *vicinus* — neighbouring — next; *insignis* — outstanding, remarkable; *languidus* — sluggish, quiet; *furcifer* — having a fork (furca); *venustus* —

<sup>6</sup> The meaning of Latin and Greek words, stems (roots) and particles widely applied in biology, is given alphabetically in the books: C. Werner "Wortelemente lateinisch-griechischer Fachausdrücke", Leipzig, 1956; E. C. Jaeger "A source-book of biological names and terms", Springfield, 3 ed., 1959.

<sup>7</sup> For the translating of Latin specific names into Russian very useful is „Справочное пособие по систематике высших растений” под. ред. В. Шишкина, в. I, 1954 вып. II, 1957, containing grammatic supplement which facilitates the formation of new names.

<sup>8</sup> Explanations of some zoological names can be found in some old manuals, e.g. in I. Leunis "Synopsis der Tierkunde", B. I, II; 1883-86. Yet they are very incomplete the mentioned Synopsis containing e.g. the meaning of only a fourth part of cladoceran generic names.

<sup>9</sup> The Cyclops, according to Homer, dwelt in caves of far West; later on they got an important role in mythology: they forged the lightnings for Zeus and arms for heross.



beautiful, refined; *bicuspidatus* — having two points, spikes; *fimbriatus* — fringed; *oithonoides* — similar to *Oithona* (a marine copepod). The specific name *phreaticus* is a Greek name, meaning dwelling in wells (as *Acanthocyclops phreaticus* does actually).

Of calanids *Heterocope* means having different oars (Gr.), evidently in the sense that the feet (oar-like, as in all copepoda) are not identical.

*Diaptomus* means in all probability living among the offal (*δια* among, amidst, *πτομα* carrion, offal, Greek): probably owing to its eventual occurrence in dirty pools. The author of this genus (Westwood) did not explain the origin of the name<sup>10</sup>.

*Eudiaptomus*, *Paradiaptomus*, *Acanthodiaptomus* are derivatives of *Diaptomus* like similar names of cyclopids. *Arctodiaptomus* means, naturally, *Diaptomus* dwelling on the North (the species of this genus inhabit the northern hemisphere).

*Calanipeda* — having feet as in *Calanus* (a marine copepodgenus).

*Eurytemora* — a broad temora. *Temora*, as well as *Oithona*, is the name of the heroes of ancient Irish-Scottish legends. *Temora* — a king in Ireland, *Oithona* ("snow-white wave") — the daughter of a Scottish druid (priest).

*Nauplius* — at present the name of a stage of development — has been proposed by O. F. Müller as a generic name for the small crustaceans with 3-4 pairs of legs, which he considered to be a different species without suspecting them to be mere larvae. This name has obviously been given owing to their extreme mobility: *Nauplius* in Greek mythology was a well-known swimmer, a son of Neptune and Amymone (one of Danaids)<sup>11</sup>.

Parasitic copepods, thanks to their quaint and sometimes even frightening appearance and owing to their mode of life, got mostly peculiar names, some of which are listed below.

<sup>10</sup> Leunis (Synopsis, 1883) claims that this name comes from the word "mistake", indeed very similar in Greek (*διαπτομα*), but in this case the sense of the name would be quite obscure. W. Baird ("British Entomostraca", 1850) translated this name as "flying through" (*δια* also means through, *πταμαι* — to fly).

<sup>11</sup> According to Homer during the siege of Troy *Nauplius* revenged himself on the Greek for the execution of his son by constructing a false lighthouse which smashed the Greek fleet.

Properly speaking, the name *Nauplius* has been given to stage with 4 pairs of legs (i.e. metanauplius); the earlier stage with 3 pairs of legs (i.e. *Orthonauplius* or *Nauplius* s. str.) Müller considered to be another genus which was denominated by him as *Amymone* (*Amymone* — mother of *Nauplius*). Afterwards Claus ("Die frei lebenden Copepoden", 1863) proposed to term as *Nauplius* generally early developmental stages of copepods and as *Amymone* — some marine copepods with a short rounded body.



*Ergasilus* — the name of a sponger in an ancient Roman comedy of *Plautus*.

*Ergasiloides*, *Pseudergasilus*, *Paraergasilus* — derivatives of the former.

*Thersitina* — according to the name of *Thersites*, notable for his ugliness and wickedness<sup>12</sup>.

*Nemesis* — the name of the goddess of vengeance, retribution.

*Lamproglena* — having shiny eyes (pupils).

*Lernaea* — the name of the hundred-headed hydra of *Lerne* <sup>13</sup>.

*Lernaeocera*, *Lernaeopoda* — derivatives of the previous name (having horns, or tentacles, or feet of *Lernaea*, Gr.).

*Achtheres* — a tormentor (Gr.); *A. percarum* means literally a tormentor of perches.

*Basanistes* — a hangman, torturer (Gr.).

*Argulus* (which belongs not to copepods, but to the related order *Branchiura*) — diminutive of *Argus*, the hundred eyed guard of the nymph *Jo* <sup>14</sup>.

*Order Ostracoda* means, as well as *Crustacea*, having a shell, but in Greek.

The names of ostracods are rather uniform. Freshwater ostracods mostly belong to the genera *Candona*, *Cypris* and *Cythere* or to derivatives of these names with some prefixes or endings.

*Candona* means shiny (Gr.), obviously owing to the lustre of the shell.

*Cypris* and *Cythere* are different nicknames of *Aphrodite* or *Venus* <sup>15</sup>.

*Limnocythere*, *Cytheridea*, *Cytherissa*, *Cypridopsis*, *Cypridina*, *Cyprid-*

<sup>12</sup> According to Homer *Thersites*, taking part in the siege of Troy, accused *Agamemnon*, the leader of Greeks, of greediness for what he was beaten by *Odyssaeus*.

<sup>13</sup> Hydra of *Lerne* was killed by *Heracles*, it being his twelfth exploit, especially difficult because new heads grew up instead of cut off ones.

<sup>14</sup> Zeus fell in love with the beautiful nymph *Jo*, and then his wife *Hera* turned her into a cow, ordering *Argus* to watch her. However, *Hermes* managed to lull to sleep *Argus* by means of his flute and liberated *Jo*. Probably Old Müller held the suckers of this crustacean for eyes and attributed to it an unusually keen eyesight.

<sup>15</sup> *Cypris*, in Greek *Κύπρις* — a name, which has been used mainly on the *Cyprus* isle, where this goddess was especially honoured. The name *Cythere* (in Greek *Κυθήρα*) same from another centre of her worship — the isle *Cythera*, today *Zerigo*.

It is incomprehensible, why have the names of *Aphrodite* been used for ostracods by Old Müller. Among crustaceans they are primitive-shaped, non transparent and not very mobile and do not resemble at all a goddess of beauty!



*deis*, *Eucypris*, *Cyclocypris*, *Cypretta* etc. are various derivatives of these two words<sup>16</sup>.

*Dolerocypris* may be translated as a deceptive (not true) cyprid.

Not associated with these names are only *Ilyodromus* and *Noto-dromas*, meaning running in silt and running in moisture (Gr.), as well as *Darwinula* and *Scottia* derived from the names of scientists.

Order *Cladocera* — having ramified antennae (Gr.).

Water-fleas or cladocerans, owing to diversity of their external appearance and shape of shells have been appropriated quite diverse names, among which there was also quite a number of mythological ones.

*Holopedium* means having an entire (undivided) oar: rowing antennae of this cladoceran are not divided into two rami.

*Sida* is the name of one of Danaids — the fifty daughters of Danay, a grandson of Neptune<sup>17</sup>.

*Limnosida* — a lake-*Sida* (Gr.).

*Diaphanosoma* — having a transparent body (Gr.) which is actually the case.

*Latona* — the name of the mother of Apollo and Artemis, one of the wives of Zeus (she was also called *Leto*).

*Daphnia* — the name of a nymph, daughter of the river-god Peneus<sup>18</sup>.

Specific names: *cucullata* means having a hood (Lat.), *galeata* — having a helmet (Lat.), *psittacea* — like a parrot (Lat.); all these names reproduce the shape of the head and rostrum. The specific name *pulex* means simply a flea, i.e. is a nickname.

*Ceriodaphnia* is to be translated as honeycombs — *Daphnia* (κηρσιον —

<sup>16</sup> The uniformity of external view rendered difficult differentiation of genera by ancient authors. Jurine ("Histoire des Monocles", 1820) attributed all of them to the genus *Monoculus* (meaning one-eyed). The copepods and cladocerans, however, were also related by Jurine to this genus by using a trinomial nomenclature (E. g. *Monoculus quadricornis viridis* Jur.).

<sup>17</sup> Fifty daughters of Danay were married against their will to fifty sons of their uncle Egypt, but in the first night all but one killed their husbands. For this they were condemned to fill after death endlessly a bottomless barrel.

<sup>18</sup> Apollo liked the beautiful nymph *Daphnia* and pursued her; seeing the impossibility of escape, she begged her father for help and was turned by him into a tree.

It was told *Daphnia* was turned into a laurel, and F. Leydig ("Naturgeschichte der Daphniden", 1860) supposed that Old Müller meant the resemblance of ramified antennae of this cladoceran to the branches of a laurel. As far back as 1669 *Swammerdam* noticed the ramified antennae of *Daphnia* named by him "*Pulex arborescens*".

In Central Europe there is a remarkable little tree blossoming with odorous pink flowers before the appearance of leaves and called *Daphne mezereum*.



honeycomb Gr.); this name apparently owes its origin to the frequent hexagon structure of the shellsurface. Of specific names *megalops* is a Greek one and means large-eyed.

*Scapholeberis* — having a skin (λεβηρίς — a skin, cast off by moulting, Gr.) like a boat; *mucronata* — pointed (mucro — a point, a sword, Lat.).

*Simocephalus* is to be translated as “snub-nosed” or having the head concave in front (Gr.) (what is actually the case); *vetulus* means a little old man (Lat.), but it is impossible to understand, why O. Müller found it to be resembling an old man.

*Moina* is the name of the wife of Clessamor, uncle of Fingal. Fingal was a military leader in ancient Ireland. The specific name *microphthalma* is a Greek one, meaning small-eyed.

*Bosmina* is the name of Fingal's daughter<sup>19</sup>.

*Ilyocryptus* — hiding in the mud (Gr.); *sordidus* — dirty, slovenly (the species of this genus dwell on the bottom and their shells are often covered with detritus).

*Lathonura* — having a hidden tail or hind part (Gr.); in the representatives of this genus the postabdomen is very short and hidden under the shell. Thus, this name has nothing in common with *Latona* (λαθών, latinized as lathona, means hidden, secret).

*Ophryoxus* — having sharp eyebrows of superciliary arches (Gr.), obviously owing to the projecting keel over the eye.

*Macrothrix* — having large hairs (Gr.); *hirsuticornis* — with shaggy horns (Lat.): by horns are meant antennae of the 1st pair, densely haired in this species.

*Streblocerus* — having a crooked horn (Gr.) — Greek κερας, latinized as ceras, means, properly speaking, the horn. Using the word ceras the zoologists would imply now the horn, now the feeler, now the tentacle, even the segmented 2nd antenna (e.d. in the word *Cladocera*).

*Acantholeberis* — having a prickly (spiny) skin (cast off by moulting, Gr.): the shells of this crustacean are covered thickly with spine-like hairs.

*Bunops* — having a prominent eye (Gr.). Indeed, the shell of this cladoceran is somewhat swollen over the eye.

*Drepanothrix* — with sickle-like hairs (Gr.).

<sup>19</sup> Thus these both generic names, given by Baird, descend from the Irish-Scottish epos. According to Ossian's Songs *Moina* was the aunt (wife of the uncle) of Fingal, while in Ozerow's tragedy “Fingal”, being a daughter of the King Starn, she fell in love with Fingal. But in both cases *Moina* was a beauty with an exalted soul perishing by the end of the story. In this as well as in some other cases it is difficult to find any resemblance between the hero or heroine and the crustacean carrying their names.



*Drepanomacrothrix* — with large sickle-like hairs (Gr.). In the species of these genera the joints of the outer branch (ramus) of the 2nd antenna carry curved (sickle — or sabreshaped) spines.

*Eurycercus* — having a broad tail (Gr.). Κέρκος, latinized as cercus and meaning in Greek a tail — would often be used to designate the hind part of the body or its various appendages. In this as well as in the following generic name it means the postabdomen (cauda).

*Camptocercus* — having a curved (bent) tail (Gr.). In this genus the postabdomen is bent strongly forwards.

*Acroperus* — with a sharp edge (Gr.) owing to a high sharp keel on the back-side of the shell.

*Peracantha* — having an edge with prickles or spines (Gr.): owing to the serrate hind edge of the shell.

*Pleuroxus* — having a sharp side (Gr.): probably owing to the pointed lower-hind angle of the shell; *uncinatus* — hooked (Lat.), *aduncus* — also hooked, or bent inside (Lat.), both owing to the shape of the rostrum; *laevis* — smooth (Lat.).

*Leydigia*, *Kurzia*, *Dunhevedia* — derivatives of the names of zoologists of the 19th century.

*Graptoleberis* — having an ornamented skin (Gr.): according to the strongly pronounced reticulation of the shell; *testudinaria* — tortoise-like (Lat.) — implying the very broad rostrum.

*Monospilus* — having a single spot (Gr.), it is implied — having a single eye: indeed, this crustacean has not a front (compound) eye; *dispar* means unpaired (Lat.) — an indication of the marked difference between male and female.

*Anchistropus* — having an anchor-like foot (Gr.), according to the peculiar shape of the postabdomen; *emarginatus* (Lat.) — with a cut out, excised edge (there is a cut on the shell-edge).

*Oxyurella* — diminutive of pointed-tailed (Gr.), in virtue of the narrow, tapering postabdomen.

*Chydorus* — a name, the origin of which I could not establish. It has been given by Leach in his paper of 1816 (in Encycl. Britannica) without any explanation. Leach separated this genus from the genus *Lyncaeus* established by O. Müller and including the majority of the chydorids<sup>20</sup>. Since chydorids possess a small eye (pigment spot) in

<sup>20</sup> Dr. J. Harding (The British Museum) has kindly informed me that Cuvier had used in his "La regine animal", published 1815, instead of *Chydorus* the name *Chilodorus*. Probably the latter name has been proposed by Leach but misrepresented by printing. *Chilodorus* may be translated as having the skin with a border: indeed in the species of this genus the hind edge of the shell seems to be turned up, as if forming a lapel or brim.



addition to the main eye, Müller has appropriated to them the name of Lyncaeus, a mythological hero famous for his unusually keen vision.

Of specific names *Chydorus piger* means slow, sluggish.

*Alona* is another name whose origin remained unknown to me. This name has been proposed in 1834 by Baird, likewise without any explanation<sup>21</sup>. The specific name *guttata* may mean either as small as a droplet or spotted (Lat.).

*Alonella*, *Alonopsis*, *Rhynchotalona* — derivatives of the name *Alona*: the first one — diminutive, the second — *Alona*-like; the third — *Alona* having a proboscis. Specific names: *excisa* apparently means cut off, chopped off (due to the shortened shell?); *exigua* — tiny, *falcata* — sickle-shaped (the shape of the rostrum).

*Leptodora* means having a thin skin (Gr.); this name, as well as the specific name *hyalina* (= transparent, Lat.), fully corresponds to the thin integument of this crustacean.

*Polyphemus* is the name of one of Cyclops, the son of Poseidon, which has been blinded by Odysseus<sup>22</sup>; *pediculus* — a louse. Undoubtedly such a combination of the generic and specific names is very apt and corresponding well to the appearance of this crustacean.

*Bythotrephes* — growing up in the depth (Gr.). This crustacean has been first found by Leydig in the gut of a *Coregonus* caught at considerable depth.

*Podon* is a derivative from the name of a well known zoologist (mainly entomologist) Nicholas Poda.

*Evadne* is the name of a Greek heroine, daughter of Neptune and wife of Capaney, the king of Argos<sup>23</sup>.

The names of other groups of invertebrates usually follow a similar scheme. Ancient authors often used mythological images and modern ones sometimes used the names of contemporary scientists, but mostly words designating structural, sometimes also behavioural features, the new generic name often being constructed by adding to the old one a prefix or ending or a second word, thus forming a compound name.

<sup>21</sup> As Dr. Harding has supposed in a letter to me, *Alona* may be a coined name, made up by Baird as an anagram of some unknown name.

<sup>22</sup> During his travels Odysseus and his 12 companions got into a cave inhabited by Polyphemus; Polyphemus devoured 6 of his companions, but Odysseus saved himself and the rest by making Polyphemus drunk and, on his having fallen asleep, by burning his single eye by means of a flaming stake.

<sup>23</sup> Evadne refused Apollo seeking for her love, as she was fond of Capaney; the latter besieged the town Thebes against god's will for what he was killed by Zeus's lightning. During Capaney's burial Evadne threw herself into his funeral pile.



I hope that the present article might help students and young scientists in perceiving more consciously the Latin names of organisms, considering them not as mere symbols, and that the article might contribute to the choice of new names. It might also stimulate similar reviews for other groups of animals.

Address of the author: Prof. Ph. D. Mordukhai-Boltovskoi Institute of Inland Water Biology of the Acad. of Sciences USSR Borok, Jaroslavl/Nekouz, USSR.







S. Rakusa-Suszczewski

## Temperature variations in tropical shallow water pools (Brasil)

Department of Hydrobiology, Warsaw University

Received 17.X.1963

During many previous investigations on the thermal conditions of tropical lakes, attention was drawn to the differences in temperature found in the shallow parts, often overgrown with plants (Kleerekoper 1941, Gessner 1955). However there are only comparatively few observations relating to the thermal conditions prevailing in the shallow tropical water pools (Buschkiel 1939, Ganapati 1955, Rzóska 1961). This latter problem is interesting for many reasons; first because of suppositions put forward in literature as to the similarity between the thermal properties of shallow water pools of temperate zone and those of "tropical waters" (Gieysztor 1945, Chodorowski 1961), secondly because of analogies between the daily temperature cycles of the waters of shallow pools in both these zones, the question by no means settled (Buschkiel 1939); and lastly in view of attempts at comparing the character of certain thermal phenomena occurring in tropical lakes with those of pools of temperate zone (Stillman Wright 1936, 1937, Braun 1952).

One of the characteristic features of astatic waters according to Gajl (1924), established mainly in shallow water pools of temperate zone is the variability of the temperature of the water (Woronkow and Korsunskij 1910, Seldmayer 1931, Gieysztor 1934, Brandt 1936, Weiman 1942, Pichler 1939, Kühlman 1961, Chodorowski 1961 and others).

The aim of the present work was to draw attention to the temperature variations of shallow water pools of tropical zone. Accepted as indices of variability were the daily fluctuations of the water temperature, thermal stratification and the differences between the tem-







peratures of surface water in relation to these of the bottom layers of the pool. Measurements of pH, and the visibility range of the Secchi disc were also undertaken. Special attention was paid to the daily fluctuations of the water temperature and the corresponding daily rhythm of air temperature, which in tropical climate may exceed the mean yearly fluctuations (Pietkiewicz 1946).

The importance of the meteorological daily phenomena typical for a given climate and their influence on the thermal properties of the lakes in tropical zone was stressed many times (Ruttner 1931, 1937, Worthington, Beadle 1932, Damas 1937, Kleerekoper 1939, Braun 1952, Deevey 1957).

The materials for this work were collected thanks to the cooperation of the Oceanographic Institute of the University of São Paulo and the kind help of Director Dr. Ingvard Emilsson, to whom I wish to express my sincere gratitude.

### Method

Measurements of water temperature were carried out by means of a thermometer with a reservoir, scaled to enable readings with an accuracy up to  $0.05^{\circ}\text{C}$ . pH was determined by means of bromcresol purple in a comparator with Nessler filter BDH with accuracy up to 0.2. The visibility range was established by means of the Secchi disc. The meteorological data on air temperature, speed of wind, relative humidity and the level of rainfall in the period 25th November 1962 to 6th February 1963 were obtained from a station situated at a height of 798.38 m over sea level, latitude  $23^{\circ}39.06'9''$  S and longitude  $46^{\circ}30'0''$  O. (São Paulo). Daily cycles were measured in the vicinity of São Lorenzo da Serra in the pond marked A. Measurements were carried out from 18.00 hours on 1.I.63 till 12.30 hours on 6.I.63 at site No. I with maximum depth 1.5 m., site No. II with maximum depth of 0.5 m. and at site No. III where the depth was 0.2 m., situated in the inflow zone of a small stream. During the observation period of daily cycles, water temperature measurements were also carried out in the nearby pools B and C and in a barrage pool on the river Ribeiro das Lavras.

The temperature measurements, pH and visibility of the Secchi disc were carried out in a pool situated within the boundaries of the city of São Paulo (Ibirapuera) from 1.XII.62 to 18.II.63 at intervals of about 7 days. Sporadic measurements were carried out in the vicinity of São Paulo (pools marked D, E, F, (Guaruja) G, (Avaré) H, I, J, K, L. Dates and hours of measurements are given in Tables.



### Climate in the observation regions

Observations of the water temperature of shallow pools were carried out in four zones of the two climatic belts to be found in the State of São Paulo according to Köppen's classification (Atlas do Brasil, 1960).

The region of São Paulo has a (Cwb) "subtropicals de altitude" cli-

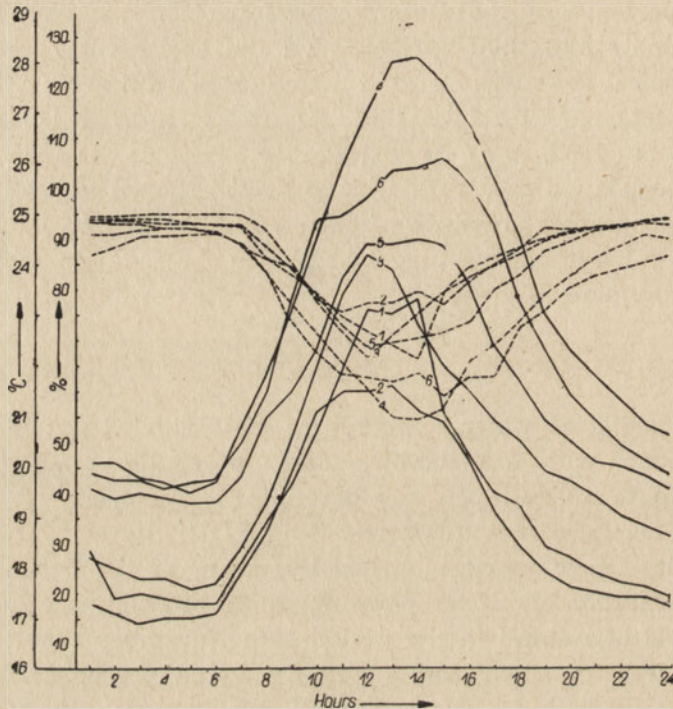


Fig. 2. Daily cycles of air temperature and relative humidity

1-6 — successive ten days' periods between 1.XII.62—31.I.63.  
Continuous line — air temperature, dashes — relative humidity

mate with dry Winters and 60 — 80% rainfall in Summer. The average yearly rainfall for the years 1914 — 1938 amounted to 1270.1 mm. Amplitude of air temperature oscillate from 12.2°C to 12.4°C in July and August and 9.9°C in January and February; the difference in mean temperature between coldest and the warmest months is 6.2°C. The absolute maximum 34.4°C, minimum —2°C. Dominant winds during the whole year are from SO with the average strength of up to 2 m per sec. The yearly relative humidity index is 79.1% with its maximum in February — 83% and minimum in August — 73%. (Atlas pluvio-



metrico do Brasil 1914 — 1938, Rede Geral das Estações Meteorológicas do Brasil em 1944).

The daily rhythm of air temperature in Cwb climate shows certain characteristic features (Fig. 2). Shortening of the phase (period between the daily minimum and maximum temperatures) is caused by a smaller difference between the length of day and night. A sharp increase in temperature after sun rise, reaching its maximum in the afternoon hours and its nearly symmetrical decline, lasting till 24.00 hour. The hours of maximum air temperature in the successive ten day periods show considerable variations (from 12.00 to 15.00 hour). Small changes in night temperatures differ its daily temperature rhythm from the sinusoidal course of the daily air temperature curve in the temperate climate. Fluctuation in relative humidity opposes of the temperature changes; its decrease and increase corresponds to the hours of rise and fall of air temperatures and the minimum point in the daily cycle falls in hours of maximum daily temperatures. During night hours humidity is maintained on the 90% level as compared to saturation. Observation of hours of the maximum speed of winds in the period 25.XII.1962 to 6.II.1963 show that 35.2% fall between 12.00 — 16.00 h., 28.1% between 16.00 — 24.00 h., 13.3% between 24.00 — 6.00 h. and 22.9% between 6.00 — 12.00 h. During the same period the maximal diurnal temperatures of air were recorded between 9.30 and 16.30 h., 77.1% falling between 12.00 — 15.00 h., 13.5% before 12.00 h. and 9.4% after 13.00 h.

Guaruja and its surroundings is situated in the (Af) hot and humid climate zone, where there is not one month in which the temperature falls below 18°C. Rainfall occurs all the year round with a minimum of 60 mm p. month and a maximum increase in Summer. The average yearly rainfall in the period 1914 — 1938 was 2246.7 mm. The average monthly amplitude of air temperature reaches 6—8°C in July and 4—6°C in September and October. The difference between the mean temperatures of the warmest and coldest months is 6.8°C. The absolute yearly maxima reach 40°C and minima 6°C.

The region of São Lorenzo da Serra has a (Cfb) climate — “mesotermico sempre humido”, warm, always humid, with at least four months with a temperature above 10°C. More detailed data are lacking, because of the considerable distance of the region from the nearest meteorological station.

The region of Avare is in the (Cfa) climatic zone — warm, always humid, with hot Summers, the temperature of the warmest month being over 22°C. The average yearly rainfall in the period 1914—1938 was 1215.2 mm. Minimum rainfall — in July 25.7 mm, maximum — in January 215.8 mm.



### Characteristics of the studied water pools

**Ibirapuera** (São Paulo). Artificial lake, periodically emptied. Area 32 500 m<sup>2</sup>. Maximum depth 3.0 m. Bottom slimy, without vegetation. Water level artificially regulated with a surface outflow. Strongly polluted. Surroundings: city centre, flat, park.

**Ribeiras das Lavras** (vicinity of São Lorencó), 800 m above sea level. Artificial lake, permanent. Area 35 000 m<sup>2</sup>. Maximum depth 3.4 m. Slimy bottom. Inflowing river, some distance from the area of maximum depth, forms shallow bays, overgrown with vegetation. Surroundings — very hilly, forests.

**Pond A** (vicinity of São Lorencó), 800 m ab. s. l. Artificial pond, permanent, formed as a result of the closing up of the valley of a stream. Area 1500 m<sup>2</sup>. Maximum depth 1.6 m. Bottom slimy, overgrown, especially in the middle and near the edges. Permanent small flow of water, greatly intensified during rainfalls. Shores steep, overgrown with forest.

**Pond B** (vicinity of São Lorencó), 800 m ab. s. l. Artificial pond, permanent, formed as result of the closing up in the valley of a stream. Area 70 m<sup>2</sup>. Maximum depth 0.4 m. Slimy bottom. Small permanent flow of water. Shores rather flat, overgrown with bushes.

**Pond C** (vicinity of São Lorencó), 800 m ab. s. l. Artificial pond, permanent. Area 25 m<sup>2</sup>. Maximum depth 0.7 m. Bottom slimy, strongly overgrown near the edges. Constant flow of water, stronger than in pond B. Situated in a deep valley, sheltered in the afternoon hours.

**Pool D** (vicinity of São Paulo), 750 m ab. s. l. Natural pool, appearing periodically. Area 25 m<sup>2</sup>. Maximum depth 0.3 m. Bottom slimy, overgrown with vegetation. No in or out flowing water. Surroundings — low meadows.

**Pool E** (vicinity of São Paulo), 760 m ab. s. l. Natural pool, appearing periodically, Area 8 m<sup>2</sup>. Maximum depth 0.25 m. Bottom slimy, sandy, no vegetation. No in or outflowing water. Surroundings — meadows.

**Pool F** (vicinity of São Paulo), 750 m ab. s. l. Natural pool of a non permanent character. Area 600 m<sup>2</sup>. Maximum depth 0.2. Bottom overgrown with grass; surface of water covered with *Lemnaceae*. No in or outflowing water. Surroundings — meadows.

**Pool G** (vicinity of Guarujá), 4 m ab. s. l. Natural pool, permanent. Area 80 m<sup>2</sup>. Maximum depth 0.4 m. Bottom slimy, densely overgrown, polluted. Permanent small inflow of spring water.

**Pond H** (vicinity of Avare), 750 m ab. s. l. Artificial pond, permanent. Area 3500 m<sup>2</sup>. Maximum depth 0.6 m. Slimy bottom. Constant flow of water. Strongly polluted. Surroundings hilly, wooded.

**Pond I** (vicinity of Avare), 750 m ab. s. l. Artificial pond, permanent.



Area 70 m<sup>2</sup>. Maximum depth 1.0 m. Bottom slimy, without vegetation. Constant flow of water. Surroundings — meadows.

Pond J (vicinity of Avare), 750 m ab. s.l. Artificial pond, permanent. Area 1500 m<sup>2</sup>. Maximum depth 1.5 m. Bottom slimy, edges slightly overgrown. Constant flow of water. Surroundings — flat.

Pond K (vicinity of Avare), 750 m ab. s.l. Artificial pond, permanent. Area 900 m<sup>2</sup>. Maximum depth 1.0 m. Bottom slimy, sandy. Constant flow of water. Surroundings — flat.

Lago dos Coqueiros (vicinity Avare — Itai), 750 m ab. s.l. Natural lake, permanent. Area 30 000 m<sup>2</sup>. Maximum depth 1.5 m. Bottom boggy, densely overgrown with vegetation. No in or outflowing water. Situated in a wide low valley. Surroundings — barren.

### Results

Measurements of the water temperature in pond A started on 1.I.63, towards the end of a period of strong rainfall which had already lasted about two weeks. For five consecutive observation days from 2.I.63 to 6.I.63 the weather was sunny in the mornings and evening, with periods of clouds and mist. The course of the daily air temperature curves shows a steep rise after sunrise with maximum values in the afternoon hours, followed by a considerable drop, lasting till 21.00 hours. During the night a further slight, very graduated drop can be observed, reaching its minimum before sunrise.

The highest temperatures of surface water in site I, reaching in successive observation days 29.6°, 31.0°, 29.5°, 29.6°, 29.1° are close to the maximum air temperature (Fig. 3) and clearly exceed them in the shallow part of the pond, reaching in site II, 29.2°, 32.2°, 31.5°, 28.5°, 31.3° respectively.

The extent of the changes in temperature (daily amplitude) at a given depth shows differences depending on the maximum depth of the site under investigation (compare sites I, II, III on Table I). The direct thermal stratification prevailing in the pond during the whole period of observation is the result of small changes in air temperature during the night and sharply increasing humidity, restricting emittance of heat from the pond. A marked drop in temperature during the night causes a drop in temperature and the reversal of stratification in the thin surface layer of water (Fig. 3, Table I, site I: 3.I.63 — 5.15 h., 4.I.63 — 5.30 h., 5.I.63 — 5.30 h., 6.I.63 — 6.30 h.). These changes however are not great enough to equalise the temperatures in the pond down to the bottom. Mixing of water may occur during periods of longlasting rains with a simultaneous drop of air temperature in the morning (an approximate



picture — site I on 2.I.63 at 6.00 h.). On the other hand the biggest difference in temperature between the surface and bottom layers occurs immediately after rains, in good weather, when the sun operates strongly (site I: 2.I.63 — 9.4°, 3.I.63 — 10.1°C). When good, sunny weather lasts for a longer time, these differences diminish as a result of a slight but constant rise near-the-bottom temperatures (site I: 4.I.63 — 8.5°, 5.I.63 — 8.2°, 6.I.63 — 6.6°). At small depths and where fluctuations of temperature are more marked in the near bottom layers, the thermal differences between the surface and bottom are smaller; in site II in successive days between 2.I.63 — 6.I.63 they were: 5.6°, 7.0°, 6.3°, 3.8°, 6.3°, they depend rather on how quickly the surface layer reaches maximum temperature. The smallest daily fluctuations and differences between the temperature of the surface and that at a depth of 0.2 m were observed in the direct zone of a tributary — site III (Fig. 1, Table I).

Maximum temperatures recorded at this site are lower than temperatures at a depth of 0.5 m in site II, but higher than the bottom temperatures in site I, this points to an insignificant role of the inflow of water on the near bottom temperatures of the pond in the period under investigation.

The temperatures observed in the surface layer in pond B (Table II) are lower than those of pond A. The surface temperatures of pond C are lower than those of pond B. The near bottom temperatures in pond B and C are close to the temperatures observed in the vicinity of the tributary of pond A. The vertical thermal stratification in both ponds shows the existence of a sharp temperature jump between depths 0.0 m and 0.2 m as compared with more even temperatures between depths of 0.2 m and the bottom. This is the result of the constant inflow of colder water whose influence is felt here in view of the shallowness and small area of both ponds. Higher near bottom temperatures than those at depths of 0.2 m and 0.5 m, observed twice in ponds B and C (3 and 5.I.63) seem to indicate the possibility of the water being heated from the bottom.

Based on data obtained from the meteorological station measurements carried out in the Ibirapuera (between 1.XII.62 — 18.I.63) show a conformity between the course of the water temperature curve and that of the air temperature (Fig. 4). The temperatures of the surface water are nearer to the maximum temperatures of the air, whereas the near bottom temperatures correspond rather with the mean daily temperatures. In the pond under consideration the phenomenon of water temperatures being constantly higher than the mean daily air temperatures, which according to Kleerekoper (1939) is characteristic of tropical large type water pools, was not observed.



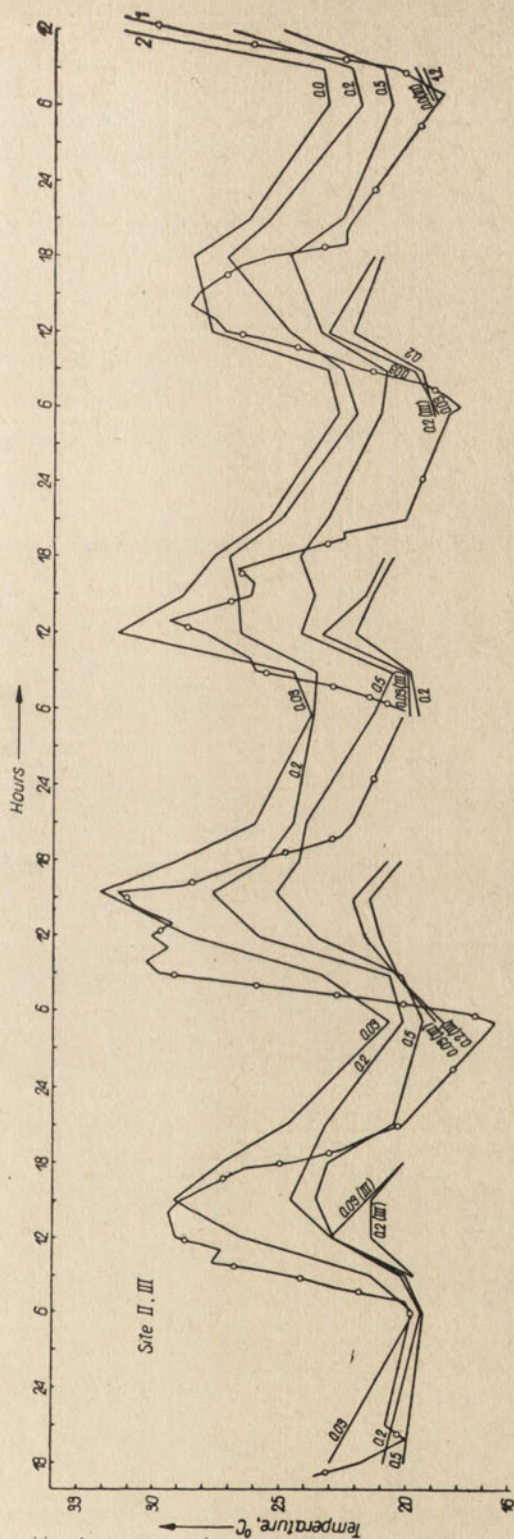
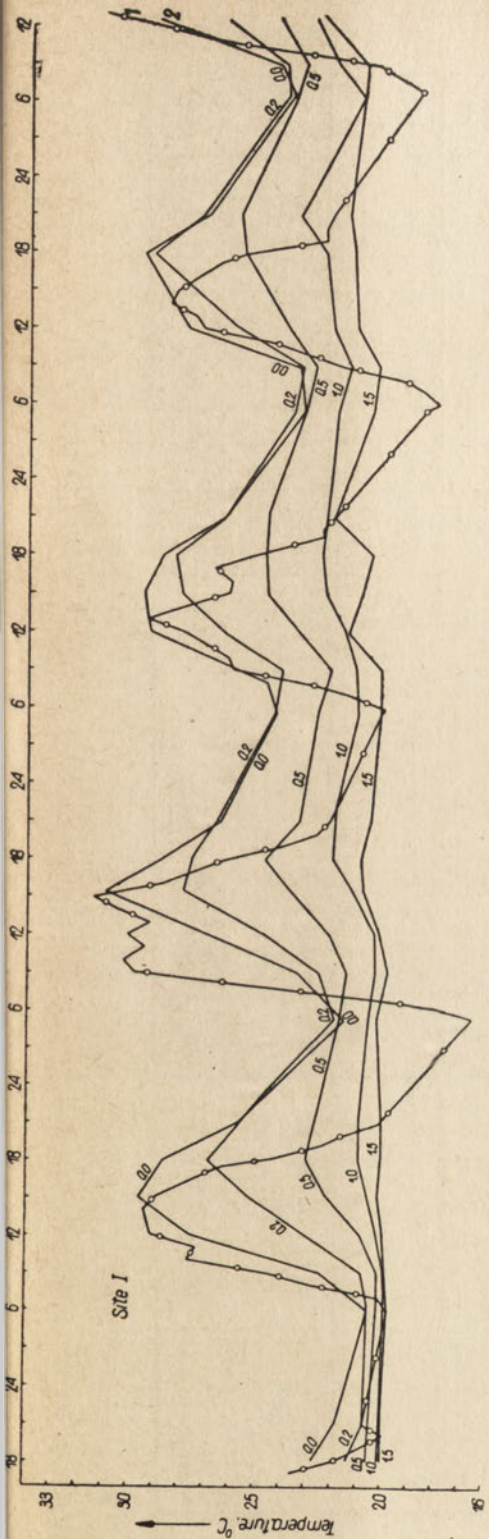


Fig. 3. Daily fluctuations of water temperature in pond A and daily rhythm of air temperature between 1.1.63—6.1.63  
 1 — air temperature, 2 — water temperature at depths of 0.03 m (surface), 0.2, 0.5, 1.0, 1.5 m (bottom) at site I; 0.03 m (surface) 0.2, 0.5 (bottom)  
 at site II; 0.03 m (surface), 0.2 (bottom) at site III



Tab.1. Daily changes of air and water temperatures in pond A

Date	2.1.63			3.1.63			4.1.63			5.1.63			6.1.63			
	6.00 Minimum	15.00 Maximum	Ampli- tude	5.15 Minimum	15.30 Maximum	Ampli- tude	5.30 Minimum	15.00 Maximum	Ampli- tude	5.30 Minimum	18.00 Maximum	Ampli- tude	6.30 Minimum	12.30 Maximum	Ampli- tude	
0.0	I	20,6	29,6	9,6	21,6	31,0	9,4	24,3	29,5	5,2	23,3	29,6	6,3	23,8	29,1	5,3
	II	19,7	29,2	9,5	20,7	32,2	11,5	23,8	28,8	5,0	22,8	28,5	5,7	23,2	31,3	8,1
	III		21,55		18,9	22,2	3,3	19,9	21,7	1,8	18,9	21,4	2,5	19,1		
0.2	I	20,6	25,2	4,6	22,0	27,9	5,9	24,55	28,0	3,65	23,7	29,25	5,55	24,0	26,4	2,4
	II	19,4	24,6	5,2	20,2	27,7	7,5	23,7	26,7	3,0	22,05	27,2	5,15	21,9	27,0	5,1
	III		21,4		18,6	21,5	2,9	19,6	21,4	1,8	19,0	21,1	2,1	19,0		
0.5	I	20,2	22,2	2,0	21,8	23,7	1,9	22,7	24,7	2,0	23,3	25,65	2,35	23,7	24,3	0,6
	II	19,4	23,6	4,2	19,4	25,2	5,8	21,4	23,7	2,3	21,1	24,7	3,6	20,7	25,0	4,3
	III		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.0	I	19,9	20,6	0,7	20,6	21,3	0,7	21,1	22,4	1,3	22,0	22,5	0,5	21,0	22,9	1,9
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.5	I	19,8	20,2	0,4	20,3	20,9	0,6	20,2	21,0	0,8	20,6	21,4	0,8	21,0	22,5	1,5
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T <sup>o</sup> Air temperature		19,8	29,9	9,1	16,5	31,15	15,0	20,1	26,2	6,1	18,5	27,2	8,7	18,7	31,2	12,5



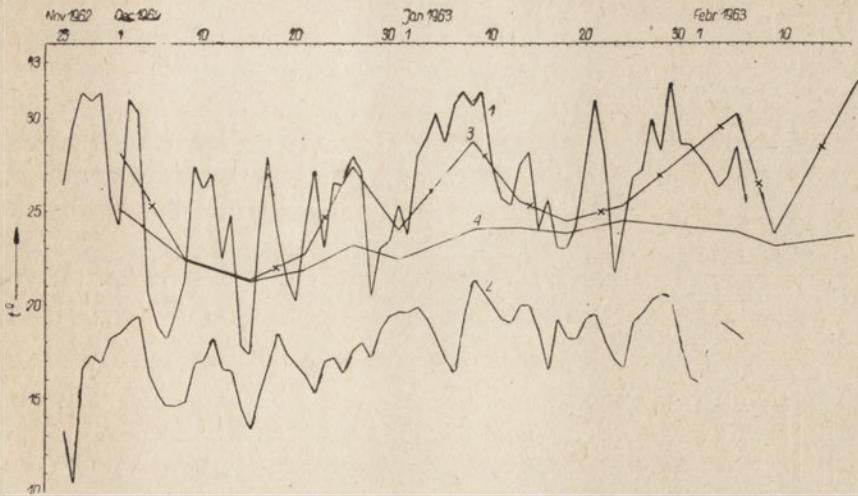


Fig. 4. Changes of maximum and minimum air temperatures (São Paulo meteorological station) and water temperature of the surface and near bottom layers in the Ibirapuera pond between 1.XII.62 — 18.II.63

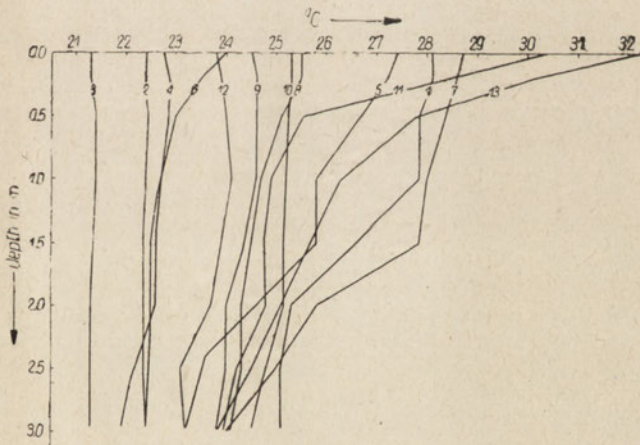


Fig. 5. Vertical stratification of water temperature in the Ibirapuera pond

Successive measurements on 1.XII.62, 8.XII.62, 15.XII.62, 21.XII.62, 26.XII.62, 31.XII.62, 8.I.63, 13.I.63, 18.I.63, 24.I.63, 5.II.63, 9.II.63, 18.II.63 are marked by figures 1 to 13



During the observation period the temperature of surface water was: maximum  $32.2^{\circ}$ , minimum  $21.3^{\circ}$  and that near the bottom respectively 25.1 and  $21.3$ . The biggest differences in temperature between the surface and bottom were observed — in the month of February.

The observations showed the periodical occurrence in the pool of thermal strata (Fig. 5, Table III), epilimnion reaching to a depth of 1 m (1.XII.62) and to 1.5 m (8.I.63), a distinctive thermocline within which the temperature dropped by  $2.55^{\circ}\text{C}$  per m. (1.XII.62) or by 2.05 per 0.5 m. (8.I.63) and a more even temperature of hypolimnion, where the drop of temperature to the depth of 3.0 m was  $0.2^{\circ}$  (1.XII.62) and  $1.8^{\circ}$

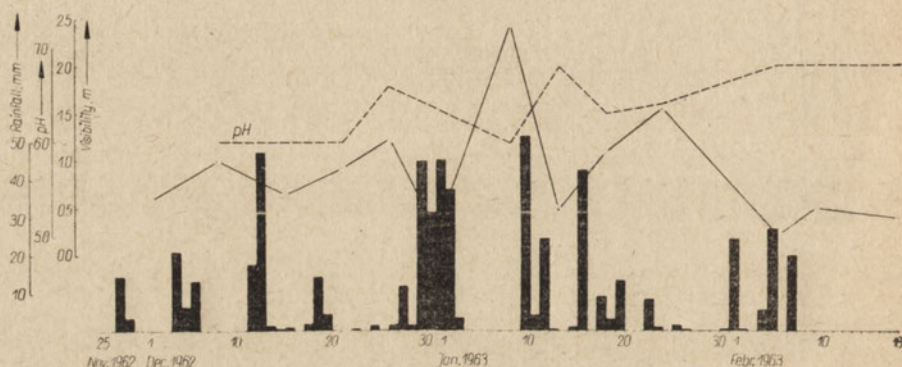


Fig. 6. Changes of pH and visibility of the Secchi disc in the Ibirapuera pond and amount of rainfall between 25.XII.62 — 18.II.63

(8.I.63). Measurements carried out on 26.XII.62 showed an existence of two strata with a clearly marked “jump” of temperature, giving in effect a picture resembling the double thermocline observed both in tropical lakes (Ruttner 1931) and in those of a moderate climate (Hutchinson 1957). A drop of surface water temperature below that of the deeper layers occurred in periods of sharp drops in air temperature, resulting in poikilothermic stratification (21.XII.62, 18.I.63, 9.II.63).

Homothermy and complete circulation of water in the pond was observed twice (8.XII.62 and 15.XII.62). Measurements carried out on 31.XII.62, 13.I.63, 5.II.63, 18.II.63 showed the existence of a strong surface thermocline.

Observations of the visibility range of the Secchi disc showed conformity with the periods and amount of rainfall (Fig. 6). Visibility decreases during rains and increases immediately afterwards. The minimal value observed was 0.2 m, maximum 2.45 m. pH of water notwithstanding



ing certain slight fluctuations shows a steady increase from 6.0 towards pH 7, without however going beyond it and obtaining maximum value of pH 6.8. Observations carried out in the Ribeiro das Lavras, a pond of somewhat similar dimensions, show differences in temperature schedule in consecutive days despite a constantly prevailing direct thermal stratification (Fig. 7, Table IV). A comparison of the thermal stratification in the Ribeiro das Lavras pond with that of pond A in the afternoon hours (Fig. 7) shows a great similarity in the temperature curves at different depths between 0.0 and 1.5 m which would seem to indicate that

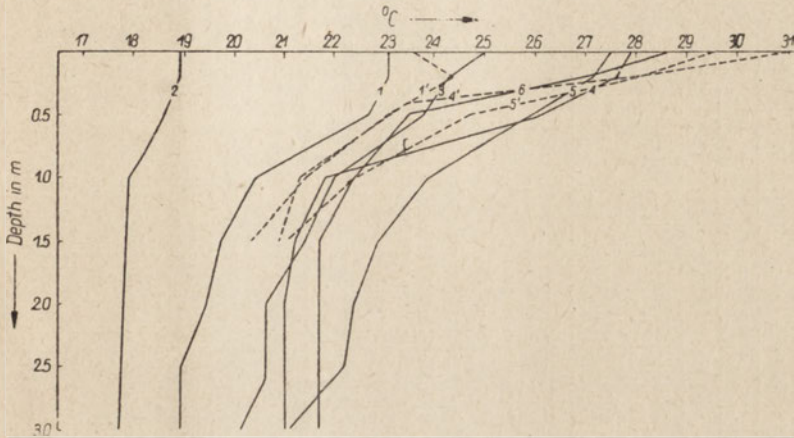


Fig. 7. Vertical stratification of water temperature in the Ribeiro das Lavras pond

Successive measurements on 9.XII.62, 16.XII.62, 2.I.63, 3.I.63, 4.I.63, 5.I.63 are marked by figures 1 to 6. Dashes and figures 1', 4', 5', indicate thermal stratification in pond A in days and hours corresponding to the measurements in the Ribeiro das Lavras pond

the thermal stratification in the Ribeiro das Lavras is to a great extent of a daily character. Epilimnion is very thin, reaching at a maximum to a depth of 0.5 m (9.XII.62). Thermocline is very near the surface, giving in this layer a drop of temperature of  $1.0^{\circ}$  per 0.8 m (16.XII.62),  $2.3^{\circ}$  per 0.5 (9.XII.62),  $3.25^{\circ}$  per 0.8 m (4.I.63),  $5.8^{\circ}$  per 0.8 m (3.I.63). (The drop of temperature is not given in degrees per 1 m., but in degrees per thickness of layer of water in which the maximum drop of temperature was observed; this in view of the possibility to adopt another gradient in the case of shallow pools). Hypolimnion is comparatively thick as compared with that observed in the Ibirapuera pond with more or less stable temperatures and a marked influence of the colder water of the tributary on the near bottom temperatures 2, 5.I.63).



Tab. II. Thermal stratification in ponds B and C

Date	2.1.63			3.1.63			4.1.63			5.1.63		
Hours	17.00											
Pond	B			C			B			C		
0.0	27.4	25.8	30.1	26.7	27.9	26.4	31.15	27.8				
0.2	25.3	22.9	24.7	22.7	23.8	23.0	24.2	23.4				
0.5	25.1	21.7	23.6	21.4	23.5	21.6	24.3	22.1				
0.75	-	20.9	-	21.7	-	21.6	-	22.0				
T° Air temperature	27.2			27.0			26.8			27.3		

Tab. III. Vertical stratification of water temperature in the Ibarspuero pond

Date	1.XII.1962	8.XII.1962	15.XII.1962	21.XII.1962	26.XII.1962	31.XII.1962	8.1.63	13.1.63	18.1.63	24.1.63	5.11.63	9.11.63	18.11.63
Hours	15.00	10.00	11.00	10.00	13.00	10.30	11.30	10.30	10.00	11.30	12.30	11.00	13.00
0.0	28.1	22.4	21.3	22.75	27.4	24.0	28.7	25.5	24.5	25.3	30.3	23.8	32.2
0.2	28.1	22.4	21.3	22.8	27.2	23.5	28.6	25.5	24.6	25.3	28.5	23.9	30.1
0.5	27.85	22.45	21.4	22.8	26.7	23.0	28.55	25.1	24.6	25.25	25.55	24.0	27.8
1.0	27.85	22.4	21.4	22.7	25.8	22.7	28.0	24.7	24.6	25.2	24.9	24.1	26.3
1.5	26.6	22.35	21.35	22.6	25.8	22.5	27.85	24.5	24.55	24.75	24.75	23.9	25.7
2.0	25.3	22.35	21.3	22.6	24.6	22.5	25.8	24.3	24.0	25.15	24.8	23.7	25.1
2.5	25.1	22.35	21.3	22.1	23.6	-	25.0	24.3	24.0	24.8	24.2	23.1	24.2
3.0	25.1	22.4	21.3	21.9	23.2	22.4	24.0	24.1	23.8	24.5	23.95	23.2	23.8
T° Air temperature	24.0	23.2	-	22.2	26.6	27.4	29.1	27.0	23.1	26.0	27.7	23.0	-



Tab.IV. Vertical stratification of water temperature in the Ribeiro das Lavras pond

Date		9.XII.62	16.XII.62	2.I.63	3.I.63	4.I.63	5.I.63
Hours		14.00	11.00	13.15	13.30	15.00	14.00
Depth	0.0	23.1	18.9	25.0	27.9	27.5	28.6
	0.2	23.1	18.9	24.3	27.6	27.15	27.05
	0.5	22.7	18.6	23.8	26.1	25.9	23.5
	1.0	20.4	17.9	22.0	21.8	23.9	22.4
	1.5	19.7	-	21.4	21.2	22.9	21.7
	2.0	19.4	-	20.6	21.0	22.4	21.7
	2.5	18.9	-	20.6	21.0	22.2	21.7
	3.0	18.9	17.7	20.1	21.0	21.1	21.7
T <sup>o</sup> Air temperature		23.2	-	29.2	29.6	26.1	28.3

Tab.V. Vertical stratification of water temperature in ponds D, E, F

Date		22.I.63			27.I.63		
Hours		11.30			13.00		
Pool		D	E	F	D	E	F
Depth	0.0	31.9	31.4	33.5	32.5	34.0	35.8
	0.1	28.9	-	-	30.5	-	-
	0.15	-	-	25.0	-	-	26.0
	0.2	27.5	-	-	28.5	-	-
	0.25	-	28.3	-	-	33.5	-
	0.3	27.5	-	-	27.6	-	-
T <sup>o</sup> Air temperature		28.1			31.0		

Tab.VI. Vertical stratification of water temperature in pools G, H, I, J, K, L

Date		25.XII.62	26.XII.62	29.I.63				30.I.63		1.II.63	3.II.63	30.I.63
Hours		15.00	7.00	11.30	16.00			17.00		15.00	15.45	10.00
Pool		G		H	I	I <sub>1</sub>	I	I <sub>1</sub>	J	K	L	
Depth	0.0	35.7	26.0	27.7	27.6	31.7	22.9	24.3	29.2	25.4	26.2	
	0.1	35.0	26.2	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0.2	-	-	26.0	26.85	30.0	22.9	24.3	28.3	24.6	-	
	0.4	34.1	26.2	-	26.6	-	-	-	-	-	-	
	0.5	-	-	23.2	26.6	-	-	-	24.5	24.1	26.2	
	1.0	-	-	-	26.4	-	22.9	-	23.2	23.5	-	
T <sup>o</sup> Air temperature		33.2	24.4	-	25.0	25.0	23.2	23.2	25.6	-	24.0	



Measurements carried out in the three pools D, E, F (22 and 27.I.63) showed that the maximum water temperatures were higher than the recorded air temperatures (Table V). In spite of the proximity of these pools, the maximum surface water temperatures showed differences and were respectively: on 22.I.63: at 11.30 h.  $31.9^{\circ}$ ,  $31.4^{\circ}$ ,  $33.5^{\circ}$ , and on 27.I.63: at 13.00 h.  $32.5^{\circ}$ ,  $34.8^{\circ}$ ,  $35.8^{\circ}$ . The difference between surface layer and near bottom temperatures in pool F at the place of maximum depth 0.15 m was  $8.5^{\circ}$  on 22.I.63 and  $9.8^{\circ}$  on 27.I.63. This conspicuous "jump" of temperature, considering the shallowness of the pool could be attributed to the fact that the surface was completely covered with *Lemnaceae*. As a result its bottom and deeper layers were shaded and were not exposed to the rays of the sun. The second biggest difference between the surface and near bottom temperature was observed in pool D, namely  $4.4^{\circ}$  on 22.I.63 and  $4.9^{\circ}$  on 27.I.63. The smallest differences were observed in the shallow and open pool E without bottom vegetation:  $3.1^{\circ}$  on 22.I.63 and  $0.5^{\circ}$  on 27.I.63.

Among other data worth mentioning are those obtained in the vicinity of Avare, and in the vicinity of Guaruja which showed varied maximum temperatures and character of stratification (Table VI).

### Discussion

Thermal conditions in shallow pools are dependant on climatic factors to a greater extent than it was observed in large lakes. This is the consequence of their particular relation between circumference and area (Dębowski 1959). The characteristic air temperature rhythm in the tropical climate and the consequent daily phenomena are reflected in the cycle of fluctuations of water temperature of these pools — sharp during the day, and during the night limited by a more gentle drop of the air temperature and its considerable humidity.

Following daily temperature fluctuations of the surface water layer were observed in pond A in the successive days: in site I —  $9.0^{\circ}$ ,  $9.4^{\circ}$ ,  $5.3^{\circ}$ ,  $6.3^{\circ}$  mean  $7.3^{\circ}$  and in site II —  $9.5^{\circ}$ ,  $11.5^{\circ}$ ,  $7.7^{\circ}$ ,  $5.7^{\circ}$  mean  $8.6^{\circ}$ . The near bottom temperatures in the same sites were respectively:  $0.4^{\circ}$ ,  $0.7^{\circ}$ ,  $1.9^{\circ}$ ,  $0.8^{\circ}$  — mean  $0.9^{\circ}$  and  $4.2^{\circ}$ ,  $5.8^{\circ}$ ,  $3.7^{\circ}$ ,  $3.6^{\circ}$  — mean  $4.3^{\circ}$ . The daily amplitude of the water temperature observed in pool G was  $9.7^{\circ}$ .

Daily variations of water temperature in large lakes (Lake Naivasha, Edward) were observed by Worthington and Beadle (1932) "as a general rule, the water from surface to a depth of two or three meters heats up several degrees during the day, and complete mixing take place at night". These remarks gave rise in the mind of the authors to some doubts as to the character of the thermocline observed by R u t-



tner (1931) in lake Toba. Kleerekoper (1941) during the limnologic investigations of the barrage pool on the river Mogi-Guassu (area 48 000 m<sup>2</sup>, maximum depth 5 m., 575 m ab. s. l. (in the State of São Paulo) observed daily temperature fluctuations of the surface layer up to 2.7°C (13.VII.1940); moreover, he observed that temperatures in the shallow littoral zone were over 7° higher than the surface temperatures of the open lake (29.4°) and he supposes that much higher temperatures may occur in the shallow parts of the pool. Gessner (1955) states that "Die Temperaturunterschieden zwischen Oberfläche und Tiefenwasser betragen etwa 2 bis 3°C entsprechen also den täglichen Temperaturschwankungen des Oberflächenwassers", and also some 2 or 3° differences existing between the vegetation zone and the open lake zone and differences of up to 10°C between the surface layer and the depth of 0.4 m in the zone of underwater vegetation (Lake Valencia, Venezuela, 420 m ab. s. l.) Genapati (1955) observed in India a diurnal rise of temperature of 4.6°C on the surface of a pond 150 × 100 × 10 feet.

Daily fluctuations of water temperature in ponds A and G are clearly more extensive than the values just quoted and compare rather with those observed in the shallow, less than 1 m deep, pools of Java, in which Buschkiel (1939) noted diurnal amplitude of water temperature of ca. 10°C.

Maximum water temperatures recorded during the investigations in pool E: 34.0°, F: 35.8°, G: 35.7° resemble those of the littoral zone (Kleerekoper 1941) and the maximum temperatures quoted by Rzóska (1961) for the shallow water pools of the Sudan, with maximum depth less than 0.6 m and are slightly lower than the maximum temperatures (39.0°) observed by Buschkiel (1939).

The maximum water temperatures observed in shallow pools show a tendency to become higher than the highest diurnal air temperatures. The coincidence of the maximum diurnal temperatures and the maximum recorded speed of the wind at 14.00 h. (Kleerekoper 1939) deciding for the fact that the mean diurnal air temperatures has no significance in the case of shallow water pools. This coincidence seems probable, allowing for the difference of 3—4 hours in the time of the occurrence of these phenomena, however when one takes into consideration the successive daily cycles of meteorological changes, there is no definite evidence for a clear convergency of the hours of maximum air temperatures and hours of daily strongest wind. The fact that the temperatures of water in a lake are higher than the mean diurnal air temperatures was also observed in the temperate climate (Kondracki 1952, Gieysztor and Odechowska 1958) it is not therefore an exclusive phenomenon of the tropical zone.



The minimum water temperatures observed are higher than the minimum air temperatures. Taking into account the absolute yearly amplitudes of air temperatures of the regions under investigation and the influence of the meteorological conditions on the thermics of the shallow water pools, it is difficult to accept the conclusion of Buschkiel (1939) "Die Jahreszeitlichen Temperaturunterschieden sind im Vergleich zu den täglichen nur sehr gering".

*The possibility that fluctuations of water temperature in shallow tropical pools are more pronounced than the yearly fluctuations of lake temperatures is without doubt.*

Stillman Wright (1936, 1937) observed in the Bodocongo barrage pool (area 350 000 km<sup>2</sup>, maximum depth 8.5 m., 500 m ab.s.l.) maximum yearly fluctuations of water temperature 6.3°; Kleerekoper (1939) in Guarapiranga lake (area 35 km<sup>2</sup>, maximum depth 13 m., 740 m ab.s.l.) observed yearly fluctuations of the surface water temperature 14.7°, only 3.2° greater than the maximum daily amplitude of pond A. The fluctuations of temperature of the surface water layer of the barrage pools in the vicinity of São Paulo in the period between July and December, noted by Samuel Murgel Branco (1961) do not exceed 5.5° (Pedro Beicht) and in the Cachoeira da Graça they are 5.0°. Deeper layers of pond A show smaller daily fluctuations. The mutual relation of temperature fluctuations of the surface and near bottom layers in site I (Table II) is 8.1, thus surpassing the value of this relation in european shallow pools (i.e. 5) Pichler 1938). However in smaller depths this relation greatly decreases, taking in site II of pond A value 2.

*The possibility of fluctuations of water temperature of shallow tropical pools exceeding during the year those of shallow pools of the temperate climate, taking even into consideration the yearly amplitude of 35°C (Woronkow and Korsunskij 1910) seems probable.*

The vertical stratification of water temperature, observed in shallow pools is unstable and undergoes quick and extensive changes, depending on the periodical changes of meteorological conditions and on the diurnal rhythm of the air temperature. Daily cycle of water temperature of the shallow pools and the character of stratification shows similarity to the yearly thermal cycle of a lake. This analogy was observed both in the temperate climate (Sedlmeyer 1931, Gieysztor 1934, Brandt 1936, Weiman 1942) and in the polar climate (Rakusa-Suszczewski 1963). The problem was also touched by Buschkiel (1939), without however solving it "Ob eine solche Parallele auch für die Tropen gezogen wurden kann, lassen wir jedoch dahingestellt sein". The analogy between the daily cycle of the shallow pools and



the yearly thermic cycle of the lakes may be treated as only apparent (Chodorowski 1961) or as a result of the daily phenomena, characteristic for the climate, in particular of the temperature rhythm of the air, influencing the thermics of both the lakes and the shallow water pools.

*The possibility of maintaining the temperature stratification of the direct type throughout the whole 24 hours period and the irregularity of the changes of stratification caused by the cooler periods or rainfalls, leading to homothermy and full mixture of water, liken the daily thermal conditions of the shallow tropical pools to those observed in the polyimictic tropical lakes (Hutchinson and Löffler 1956, Deevy 1957).*

The role of wind as a factor destroying the stratification in shallow pools (Kühlman 1961) is limited by the individual features connected with the situation and character of these pools as well as with a more important, as was stressed by Braun (1952), influence of diurnal fluctuations of the air temperatures. Periodical formation of a typical thermocline, observed in the ponds of Ibirapuera and Ribeiro das Lavras confirms the observations of Braun (1952) carried out in the comparatively shallow lakes in the mouth of the Amazon "dass die Sprungschicht viel höher liegt als in den temperierten Seen", and those of Kleerekoper (1939), regarding the position of the thermocline in the Guarapiranga barrage pool "In the smaller units which compound the lake, the position of the thermocline is higher (1 to 2 meters) than in the large ones (2 to 3 meters) independently of local depth". Thus there is an agreement as to the level of the thermocline, but the drop of temperature observed in this stratum reaches values not occurring in the tropical pools of a lake character. The maximum drop of temperature observed in the thermocline in the Ribeiro das Lavras ( $5.8^{\circ}\text{C}$  per 0.8 m.) should be however considered as a result of summing up effect of the surface water, heated during the day and the upper layer of the thermocline. A similar phenomenon was observed in a comparatively shallow and shaded from wind lake "Smolaczek" in temperature climate (Gieysztor 1960).

The observed thermic differences between the surface and bottom layer show great variability, dependant on the individual character of the pools and the prevailing meteorological conditions. The maximum values observed in pond A were  $9.4^{\circ}$ ,  $101^{\circ}\text{C}$ ; in the Ribeiro das Lavras pond  $6.9^{\circ}$ ; in the Ibirapuera pond  $6.35^{\circ}$ ,  $8.4^{\circ}\text{C}$ ; in pool D  $4.9^{\circ}$ , E  $3.1^{\circ}$ , F  $9.8^{\circ}$ , G  $1.6^{\circ}$ , H  $4.5^{\circ}$ , I  $1.2^{\circ}$ , J  $6.0^{\circ}$ , K  $1.9^{\circ}\text{C}$ .

The maximum difference between the surface and near bottom layers observed by Kleerekoper (1939) was  $6.0^{\circ}$  in the Guarapiranga



pond and  $4.5^{\circ}$  in the pool on the river Mogi-Guassu. Maximum difference in the lakes situated in the mouth of the Amazon, recorded by Braun (1952) was  $2.2^{\circ}$ . Stillman Wright (1936, 1937) observed the difference of  $3.2^{\circ}$  in the Bodocongo and  $1.7^{\circ}$  in the Pexinana barrage pool. In the shallow tropical pools of Java the differences reach  $10^{\circ}$  (Buschkiel 1939). Guanapati (1955) noted as maximum the differences of temperature of  $3.8^{\circ}$ .

The difference of temperature between the surface layer and the depth 0.4 m — approaching  $10^{\circ}$  — recorded by Gessner (1955) in the littoral of lake Valencia and the possibility of the littoral of the lake teaching much higher temperatures than those of the open lake and at the same time close to the temperatures recorded in shallow pools, would point to a similarity between the thermal conditions of the shallow tropical pools and the littoral of the tropical lakes, as stressed by Gieysztor (1960) for the temperate climate. The examined shallow pools show, as regards difference of temperature between the surface and near bottom layers, similar values to those observed in the temperate climate. Mean thermal differences recorded in the shallow pools in Poland are: in foresty surroundings  $1.3^{\circ}$  and in meadows  $2.0^{\circ}$ ; maxima recorded by Chodorowski (1961) are  $10.3^{\circ}$ ,  $6.8^{\circ}$ ,  $6.4^{\circ}$ .

While comparing thermal phenomena occurring in lakes and shallow pools of the temperate climate and stressing certain analogies between them seems justified (Stillman Wright) 1936, 1937, Braun 1952), conclusions as to the similarity of thermics of shallow water pools of the temperate climate to "tropical waters" would be too general in the light of the above attempt to demonstrate the variety and changeability of their thermal conditions. Assumption made as to the similarity of the thermics of the shallow pools in both climatic zones is true only if one takes into consideration the extreme conditions, just as in the case of certain analogies demonstrated between the thermics of the shallow pools of the polar climate (Rakusa-Suszczewski 1963) and of the temperate one.

In our opinion the basic criterium for differentiating climatic zones is the preponderance of the optimal conditions and the period in which they last, different for every zone.

### References

1. Brand A. V., 1936. Temperaturschwankungen in kleinen Waldgewässer. Arch. f. Hydrob. 30: 132—141.
2. Braun R., 1952. Limnologische Untersuchungen an einigen Seen im Amazonasgebieten. Schweiz. Zeit. Hydrol. 14(1):1-128.



3. Buschkiel A. L., 1939. Stoffwechsel im Tropischen Teich, fischereibiologisch betrachtet. Arch. f. Hydrob. Supp. 16: 156-273.
4. Chodorowski A., 1961. Niektóre cechy termiczne drobnych zbiorników Puszczy Kampinoskiej w okresie wiosennym. Pol. Arch. Hydrobiol. IX (XXI): 287.
5. Damas H., 1937. La stratification thermique et chimique des lacs Kivu, Edouard et Ndalga (Congo Belge) Verh. int. Ver. Limnol 6 (III): 51-68.
6. Deevey E. S., 1957. Limnologic studies in Middle America, with a chapter on Aztec limnology. Trans. Conn. Acad. Art. Sci. 39: 213-328.
7. Dębski K., 1959. Hydrologia kontynentalna, cz. II.
8. Gajl K., 1924. Über zwei faunistische Typen aus der Umgebung von Warschau auf Grund von Untersuchungen an Phyllopoda and Copepoda (excl. Harpacticidae) Bull. de l'Acad. Pol. des. Sc. et. Let. Cl. d. Sc. Math. et. Nat. Ser. B: 13-55.
9. Ganapati S. V., 1955. Diurnal variations in Dissolved gases and some of the important dissolved substances of biological significance in three temporary Rock Pools in the stream bed at Mettur Dam. Hydrobiologia 12: 283-303.
10. Gesner F., 1955. Die limnologischen Verhältnisse in den Seen und Flüssen von Venezuela. Ver. int. Ver. Limnol. 12: 284-294.
11. Giesztor M., 1934. Limnologische Untersuchungen an einigen Kleingewässern. Arch. Hydrob. i Ryb. 8: 75-148.
12. Gieyktor M. and Odechowska Z., 1958. Observations on the Thermal and Chemical Properties of Mazurian Lakes in the Giżycko Region. Pol. Arch. Hydrobiol. IV (XVII): 123-152.
13. Gieyktor M., 1960. On the thermal conditions of the littoral zone of lakes. Pol. Arch. Hydrobiol. VII (XX): 171-193.
14. Hutchinson G. and Löffler H. 1956. The thermal classification of lakes. Proc. nat. Acad. Sci. Wash. 42: 84-86.
15. Hutchinson G., 1957. Treatise on Limnology. J. Wiley & Sons New York.
16. Kleerekoper H., 1939. Estudo limnologico da Represa de Santo-Amaro em São Paulo. Bol. Fac. Fil. Sci. Letr. Univ. São Paulo VII. Botanica (2): 9-151.
17. Kleerekoper H., 1941. Estudo limnologico da Bacia do Rio Mogi-Guassu. Serv. de. Infm. Agric. Minist. da Agricult. Rio de Janeiro.
18. Kondrack J., 1952. Obserwacje nad termiką jeziora Niegocin na stacji naukowej P.T. w Giżycku (1949-1951) XXIV: 50-71.
19. Kühlman H. H., 1961. Thermodynamische Untersuchungen in Kleingewässern verschiedener landschaftlicher Exposition. Inter. Assoc. of Theor. App. Limn. Stud.
20. Pichler W., 1939. Unsere derzeitige Kenntnis von der Thermik kleiner Gewässer Thermik der Kleingewässertypen. Int. Revue der ges. Hydrob. und Hydrog. 38.
21. Pietkiewicz S., 1946. Klimaty kuli ziemskiej P.Z.W.S. Warszawa.
22. Rakusa-Suszczewski S. 1963. Thermics and chemistry of shallow fresh water pools in the Tatra mountains. Pol. Arch. Hydrobiol. XI (XXV): 169-187.
23. Ruttner F., 1933. Die Schichtung in tropischen Seen. Verh. inter. Ver. f. theor. Limn. V: 44.
24. Ruttner F., 1937. Tropische Binnengewässer. Arch. f. Hydrob. Supp. XV: 178-186.



25. Rzóska J., 1961. Observations on tropical rainpools and general remarks on temporary waters. *Hydrobiologia* 17, 4:265-286.
26. Samuel Murgel Branco 1961. *Biologia das Represas do Alto Cotia*. Separata da Revista D.A.E. Nr 41, 42.
27. Sedlmeyer K. A. 1931. Ein Beitrag zur Klimatologie des Teisches. *Zeitsch. f. Fischer*. 29.
28. Stillman Wright, 1936. Thermal conditions in some water of northeast Brasil Ann. Acad. Bras. Sci. VIII(3).
29. Stillman Wright, 1937. Chemical conditions in some water of northeast Brasil Ann. Acad. Bras. Sci. IX (4):277-306.
30. Weimann R., 1942. Zur Gliederung and Dynamik der Flachgewässer. *Arch. f. Hydrob.* 38. 481-524.
31. Woronkow N. and Korsunskij D., 1910. K biologii mielkich wod-jemow. *Rab. Hydrob. St. na Głub. Oz.* 3.
32. Worthington E. B. and Beadle 1932. Thermoclines in Tropical Lakes. *Nature* 129: 55—56.



STATISTIK

Land	Bevölkerung	Fläche	Produkt
Preußen	40,000,000	300,000	100,000,000
Österreich	30,000,000	200,000	80,000,000
Russland	100,000,000	1,000,000	200,000,000
Frankreich	35,000,000	150,000	90,000,000
England	30,000,000	100,000	120,000,000
Italien	25,000,000	100,000	70,000,000
Spanien	20,000,000	100,000	60,000,000
Portugal	10,000,000	50,000	30,000,000
Schweden	5,000,000	200,000	15,000,000
Norwegen	3,000,000	100,000	10,000,000
Dänemark	2,000,000	50,000	8,000,000
Sachsen	5,000,000	20,000	20,000,000
Bavarien	6,000,000	25,000	25,000,000
Württemberg	4,000,000	15,000	18,000,000
Hessen	3,000,000	10,000	15,000,000
Sachsen-Anhalt	2,000,000	8,000	12,000,000
Brandenburg	2,000,000	8,000	12,000,000
Preussen (Provinzen)	35,000,000	250,000	100,000,000



25. Rzóška J., 1961. Observations on tropical rainpools and general remarks on temporary waters. *Hydrobiologia* 17, 4:265-286.
26. Samuel Murgel Branco 1961. *Biologia das Represas do Alto Cotia*. Separata da Revista D.A.E. Nr 41, 42.
27. Sedlmeyer K. A. 1931. Ein Beitrag zur Klimatologie des Teisches. *Zeitsch. f. Fischer.* 29.
28. Stillman Wright, 1936. Thermal conditions in some water of northeast Brasil Ann. Acad. Bras. Sci. VIII(3).
29. Stillman Wright, 1937. Chemical conditions in some water of northeast Brasil Ann. Acad. Bras. Sci. IX (4):277-306.
30. Weimann R., 1942. Zur Gliederung and Dynamik der Flachgewässer. *Arch. f. Hydrob.* 38. 481-524.
31. Woronkow N. and Korsunskij D., 1910. K biologii mielkich wodojemow. *Rab. Hydrob. St. na Głub. Oz.* 3.
32. Worthington E. B. and Beadle 1932. Thermoclines in Tropical Lakes. *Nature* 129: 55-56.

## ERRATA

Page	Line (from top)	As printed	Corrected
385	5	including and using	including
386	21	thus lakes	lakes
388	31	and	although
391	17	analogically	or
391	18	or	analogically
403	17	these	the
406	29	has defined	has been defined
406	33	(Tab. VI, VIII)	(Tab. VII, VIII)

*Polskie Archiwum Hydrobiologii, tom XII (XXV), nr 3, 1964*



### 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 odstępu 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.



