

JADWIGA ROTNICKA

## REŻIM WODNY RZEKI PRZYMORSKIEJ NA PRZYKŁADZIE ŁEBY

### ZARYS TREŚCI

W artykule przedstawiono wyniki badań reżimu wodnego Łeby. W części wstępnej zamieszczono charakterystykę fizyczno-geograficzną dorzecza, wskazując na jego zróżnicowanie. Następnie, posługując się wcześniej opracowaną przez autorkę metodą, wydzielono okresy hydrologiczne Łeby w profilu Lęborka i scharakteryzowano je w ujęciu częstości występowania stanów wody, wielkości przepływu i odpływu oraz pojawiania się zjawisk lodowych.

### WSTĘP

Określenie reżimu wodnego rzeki sprowadza się do wykrycia struktury czasowej zjawisk hydrologicznych w cyklu rocznym, czyli do wydzielenia faz tego cyklu zwanych w dalszym ciągu okresami hydrologicznymi. Uzasadnienie takiego podejścia do badania reżimu rzecznego wykazała autorka w pracy pt.: „Teoretyczne podstawy wydzielenia okresów hydrologicznych i analizy reżimu rzecznego na przykładzie rzeki Prosną” (1977). Posługując się metodą zaprezentowaną w cytowanej pracy, postanowiono przedstawić reżim wodny jednej z rzek Przymorza. W tym celu, jako obiekt badań wybrano rzekę Łebę. Materiał wyjściowy stanowiły codzienne stany wody, wyniki pomiarów objętości przepływu oraz terminy występowania i czas trwania zjawisk lodowych z okresu 1951 - 1970, notowanie w trzech profilach wodowskazowych rzeki: w Miłoszewie, Lęborku i Cecenowie.

Jest rzeczą powszechnie znaną i uznaną, że na reżim rzeczny decydujący wpływ wywiera środowisko geograficzne. Rozpatrując przestrzenie zagadnienie reżimu rzecznego zdajemy sobie sprawę z faktu, że tylko te rzeki, które podlegają wpływowi identycznych bądź bardzo zbliżonych składników środowiska geograficznego, posiadają jednakową strukturę czasową zjawisk hydrologicznych. Ponieważ obszar odwadniany przez Łebę obejmuje części dwóch różnych regionów fizyczno-geograficznych, tzn. Pojezierza Pomorskiego i Pobrzeża Południowobałtyckiego (J. Kondracki 1965) spodziewać się możemy różnic w wykształceniu tej struktury w różnych profilach rzeki, chociaż bez szczegółowej



analizy kształtowania się wódostanu lub odpływu w cyklu rocznym, nie możemy odpowiedzieć jednoznacznie na czym te różnice polegają i czy są one istotne. Powyższa uwaga jest o tyle ważna, że w niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań dotyczące struktury czasowej zjawisk hydrologicznych Łeby tylko w profilu Lęborka, traktując bardziej ogólnie przebieg zjawisk hydrologicznych w profilu Miłoszewa i Ceceńowa. Na razie nie ma więc podstaw aby wypowiedzieć się w kwestii, czy typ reżimu rzeczno-Łeby jest taki sam, czy też zmienia się wzdłuż jej biegu.

## OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA FIZYCZNO-GEOGRAFICZNA DORZECZA ŁEBY

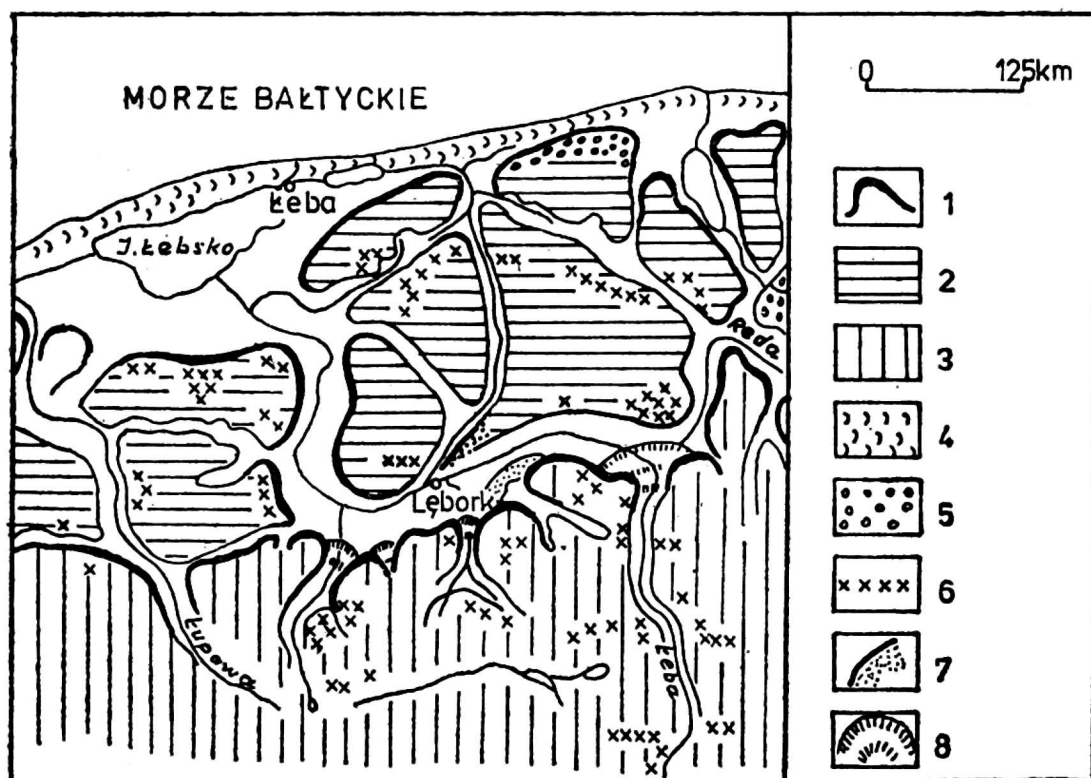
### RZEŻBA

Dorzecze Łeby obejmuje swym zasięgiem fragmenty trzech regionów fizyczno-geograficznych, a mianowicie: Pobrzeża Słowińskiego, Pobrzeża Kaszubskiego i Pojezierza Kaszubskiego, wyraźnie oddzielonych od siebie pradoliną Redy-Łeby (J. Kondracki 1965, B. Augustowski 1972).

Stosunki hipsometryczne w dorzeczu są zróżnicowane. Najwyżej położone powierzchnie (ponad 200 m n.p.m.) znajdują się w południowej części dorzecza, tj. na Pojezierzu Kaszubskim. Stąd powierzchnia obniża się stopniowo ku pradolinie Redy-Łeby granicząc z nią wyraźną krawędzią. Dno pradoliny leży na wysokości 45 - 15 m n.p.m. i opada w kierunku zachodnim. Idąc dalej ku północy, powierzchnia dorzecza podnosi się, osiągając w pasie wysoczyzn morenowych Pobrzeża Bałtyckiego wysokości kilkudziesięciometrowe, przekraczające niejednokrotnie 100 m n.p.m. na Wysoczyźnie Lęborskiej. Ponowne obniżenie obszaru do wysokości 1 - 5 m n.p.m. następuje w strefie jezior przybrzeżnych (Łebsko, Sarbsko), by na mierzei osiągnąć w wałach wydmych wysokość 15 - 30 m n.p.m., z kulminacją 42 m n.p.m. w Łąckiej Górze. Kontrastowymi obszarami pod względem hipsometrycznym są przede wszystkim krawędzie wysoczyzn i pradoliny Łeby, gdzie deniwelacje terenu nierzadko przekraczają 100 m.

Powierzchnię dorzecza reprezentuje młodoglacjalny typ rzeźby (rys. 1). Dominującymi zespołami form są tutaj pradoliny i kępy (wysoczyzny) tworzące dwa podstawowe poziomy morfolologiczne (B. Augustowski 1972). Powierzchnie wysoczyznowe tworzy morena denna płaska lub lekko falista, na której osadzone są wzniesienia czołowo-morenowe. Na Wysoczyźnie Lęborskiej układają się one w dwóch wyraźniejszych ciągach: południowy w sąsiedztwie pradoliny Łeby między Niebędzinem a Strzebielinem, północny na linii Roszczyce — Mierzyno. Przedłużeniem tego ostatniego są pojedyncze wzniesienia występujące wzdłuż północnej krawędzi Wysoczyzny Słupskiej. Również na Pojezierzu Kaszubskim, w





Rys. 1. Szkic geomorfologiczny dorzecza Łeby (Wykonano na podstawie: B. Rosa 1963, B. Augustowski 1965, 1972)

1 — krawędzie wysoczyzn, 2 — wysoczyzny nizin nadmorskich, 3 — wysoczyzny pojezierne, 4 — obszary wydymowe na mierzejach, 5 — sandry, 6 — moreny czołowe, 7 — fragmenty teras, 8 — stożki napływowe

obrębnie „mawianego” dorzecza, można wyróżnić następujące ciągi morenowe. północny w pobliżu pradoliny Łeby między Runowem a Paraszy-nem, środkowy na linii Kiozy — Tłuczewo oraz zgrupowanie wzniesień w okolicy źródeł Łeby, na styku zasięgu łobu bytowskiego z łobem Wiśły.

Znaczną część dorzecza zajmuje także pradolina Redy-Łeby. Jej szerokość wzrasta w kierunku zachodnim od 2,5 km w Łęczycach do 3,5 km w pobliżu Cecenowa i do 6 km w końcowym odcinku. W pradolinie występuje kilka poziomów terasowych, z których najwyraźniej reprezentowany jest poziom 40 m (B. Augustowski 1965). Tworzy on w okolicach Bożegopola Wielkiego i Strzebielina dno pradoliny nadbudowane rozległym stożkiem napływowym Łeby „uchodzącej” tu z obszarów wysoczyznowych Pojezierza Kaszubskiego. Ten fragment pradoliny jest obszarem wododziałowym dla Łeby i Redy.

Na północy dorzecza wąska strefa przybrzeżna nosi piętno procesów zachodzących w holocenie i jej pochodzenie w znacznym stopniu jest związane z kształtowaniem się linii brzegowej Bałtyku (B. Rosa 1963).

#### WARUNKI KLIMATYCZNE

Pod względem warunków klimatycznych dorzecze Łeby nie jest jednorodne, bowiem w jego skład wchodzi fragmenty trzech regionów klimatycznych, które wydzielił A. Woś (1970) dla Polski północno-zachod-



niej. Część północna dorzecza należy do regionu Nadmorskiego Środkowo-Wschodniego (subregionu Jarosławsko-Łebskiego), część środkowa do regionu Pomorskiego Północno-Wschodniego (teren Wysoczyzny Łębarskiej), zaś część południowa obejmuje północny skraj regionu Wschodniopomorskiego (tereny Pojezierza Kaszubskiego).

Tabela 1 – Table 1

Średnie sumy opadów w mm z lat 1891 - 1930 (według Wiszniewskiego)  
Mean amounts of precipitation in mm from the years: 1891 - 1930 (according to Wiszniewski)

Miejscowość Locality	Miesiące – Months												Rok Year
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Region Nadmorski Środkowo-Wschodni – Middle East Baltic Coast Region													
Łeba	56	54	43	29	30	35	41	49	67	76	75	64	619
Smółdzino	62	56	48	34	38	35	44	56	71	83	77	67	671
Region Pomorski Północno-Wschodni – North-East Pommeranian Region													
Białogarda	62	65	47	33	38	43	49	57	88	86	82	67	717
Łębork	55	53	43	31	36	38	51	55	84	86	75	58	665
Region Wschodniopomorski – East Pommeranian Region													
Miłoszewo	56	59	49	42	39	47	53	58	80	77	70	56	686
Mirachowo	63	66	60	41	46	41	54	63	85	82	66	64	731

W regionie nadmorskim warunki klimatyczne kształtują się w znacznym stopniu pod wpływem Bałtyku. Cechą charakterystyczną tego klimatu jest wilgotność i umiarkowane temperatury powietrza. Według klasyfikacji A. Woś (1970) dominują tu pogody ciepłe z opadami (występujące przeciętnie przez 257 dni w roku), a stosunkowo mało jest dni z pogodą bardzo ciepłą i pogodą mroźną. Średnie wieloletnie sumy opadów zawierają się w granicach od 620 do 670 mm, z czego 60% opadów występuje w półroczu letnim (tab. 1). W rocznym przebiegu opadów zaznacza się wyraźnie maksimum sierpniowo-wrzesniowe o opadzie 2,5 razy większym od minimum opadowego przypadającego w lutym. Średnie roczne temperatury kształtują się tu na poziomie 7,5 - 8°C, temperatura najcieplejszego miesiąca (lipca) wynosi średnio 17 - 17,5°C, a miesiąca najzimniejszego (stycznia) osiąga wartości od -1°C do -1,5°C. Przeciętne roczne amplitudy średnich miesięcznych temperatur wynoszą 18°C.

Region Pomorski Północno-Wschodni (Wysoczyzna Łębarska) pod względem warunków klimatycznych różni się tym od regionu nadmorskiego, że wzrasta tu liczba dni z pogodą mroźną i pogodą z przymrozkami, a bardzo wyraźnie zmniejsza się liczba dni z pogodą ciepłą, zwłaszcza z pogodą ciepłą bez opadu (A. Woś 1970). Średnie wieloletnie sumy opadów przyjmują wartości 660 - 720 mm, a ich rozkład w roku jest podobny jak w regionie nadmorskim, z tym że maksimum opadowe przesuwa się na lipiec—sierpień (tab. 1). Średnie roczne temperatury mieszczą się w przedziale 7,5 - 8°C, w lipcu kształtują się na poziomie 17 - 17,5°C, a w styczniu osiągają wartości od -1,5°C do -2,0°C.



Przeciętna roczna amplituda średnich miesięcznych temperatur jest więc nieco wyższa niż w regionie nadmorskim i wynosi  $19^{\circ}\text{C}$ .

W regionie Wschodniopomorskim (Pojezierze Kaszubskie) obserwuje się najmnijszą — w stosunku do całej Polski północno-zachodniej — liczbę dni z pogodami ciepłymi (przeciętnie 235 dni), a zarazem największą liczbę dni z pogodą przejściową (przymrozki) oraz znaczną liczbę dni z pogodą mroźną, zwłaszcza bezwietrzną (A. Woś 1970). Średnie wieloletnie sumy opadu osiągają wartości 680–730 mm; są więc wyższe niż w omówionych wyżej regionach. W rozkładzie rocznym opady osiągają najniższe wartości w lutym lub marcu, a maksimum w lipcu. Udział opadów półroczu letniego stanowi także około 60% opadu rocznego. Średnie roczne temperatury, jak i temperatury miesiąca najcieplejszego (lipca) oraz najzimniejszego (stycznia) są tu niższe przeciętnie o  $0,5 - 1^{\circ}\text{C}$  niż w obu wyżej opisanych regionach.

Omawiając warunki opadowe w dorzeczu Łeby należy wspomnieć także o opadach śnieżnych i trwałości pokrywy śnieżnej. Jak podaje W. Milata (1950), liczba dni z opadami śniegu przekracza nieco 40, a trwałość pokrywy śnieżnej waha się od niespełna 50 dni na Pobrzeżu Słowińskim do około 75 dni na Pojezierzu Kaszubskim. Najwcześniej pokrywa śnieżna pojawia się w pierwszej dekadzie grudnia, a zanika najpóźniej w połowie marca. Przeciętny czas trwania pokrywy śnieżnej w dorzeczu Łeby wynosi dwa miesiące, a przeciętna grubość od 5 do 10 cm.

#### WODY POWIERZCHNIOWE

Sieć wodna dorzecza Łeby, wykształcona po ustąpieniu lądolodu skandynawskiego, dostosowuje się do rzeźby polodowcowej terenu. Łebę, jak i jej liczne dopływy, charakteryzuje nierównomierny spadek, kręty i przeważnie bystry bieg oraz liczne przełomy. Większość cieków, zwłaszcza w swoich górnych biegach, płynie głęboko wciętymi dolinami i prowadzi swoje wody przez liczne jeziora.

Łeba dzieli dorzecze na dwie niemal równe części, bowiem stosunek lewostronnej do prawostronnej części dorzecza ma się tak jak 54:46. W jej blisko 130 km biegu można wyróżnić trzy odcinki:

- 1) górny, południkowy — od źródeł leżących w pobliżu Bożestowa do miejscowości Bożepole Wielkie, gdzie Łeba opuszcza obszar wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego i wchodzi w rozległą pradolinę Redy-Łeby;

- 2) środkowy — od Bożegopola Wielkiego do Lęborka (do ujścia Kisewskiej Strugi), gdzie Łeba w swoim biegu wykorzystuje równoleżnikowy odcinek pradoliny i kieruje swoje wody na zachód;

- 3) dolny — od Lęborka do ujścia Łeby do Bałtyku, gdzie Łeba płynie południkowym odcinkiem pradoliny i przepływa przez jezioro Łebsko.



W górnym biegu Łeba przepływa przez kilka jezior rynnowych, z których największe są: Reskowskie i Sianowskie, przyjmując jednocześnie szereg niewielkich dopływów odwadniających pomniejsze jeziora. Jej dolina jest wąska, ograniczona stromymi stokami wzgórz morenowych, a spadki rzeki są zmienne, ale zawsze stosunkowo wysokie (1,7 - 5,0‰). Znaczne spadki rzeki wykorzystywane są przez młyny wodne.

Środkowy bieg rzeki zdecydowanie różni się od biegu górnego. Rzeka płynie szeroką i płaską pradoliną, pociętą systemem rowów melioracyjnych. Posiada niewielki spadek 0,6 - 0,9‰ i silnie meandruje, szczególnie na odcinku Bożepole Wielkie — Łęczyce. Na omawianym odcinku przyjmuje też swoje znaczniejsze dopływy — z lewej strony Węgorzę i Okalicę, z prawej — Kisewską Strugę.

Dolny bieg rzeki, po jezioro Łebsko, posiada najbardziej jednostajny, ustabilizowany charakter. Rzeka płynie leniwie (spadki 0,2 - 0,3‰), szeroką na 5 km pradoliną, przez łąki i pastwiska pocięte gęstą siecią rowów melioracyjnych. W wyniku kilkakrotnie przeprowadzonych na Łebie prac regulacyjnych zlikwidowano szereg zakoli, na skutek czego rzeka uległa znacznemu skróceniu. W swym dolnym biegu Łeba przyjmuje dwa większe, prawobrzeżne dopływy: Białogardzką Strugę i Charbrowską Strugę. Końcowy odcinek biegu rzeki, między jeziorem Łebsko a Bałtykiem, nosi wyraźne ślady gospodarczej działalności człowieka. U ujścia rzeki mieści się port rybacki. Na terenie portu Łeba przyjmuje swój największy, bo 27 km długości, prawobrzeżny dopływ — Chełst.

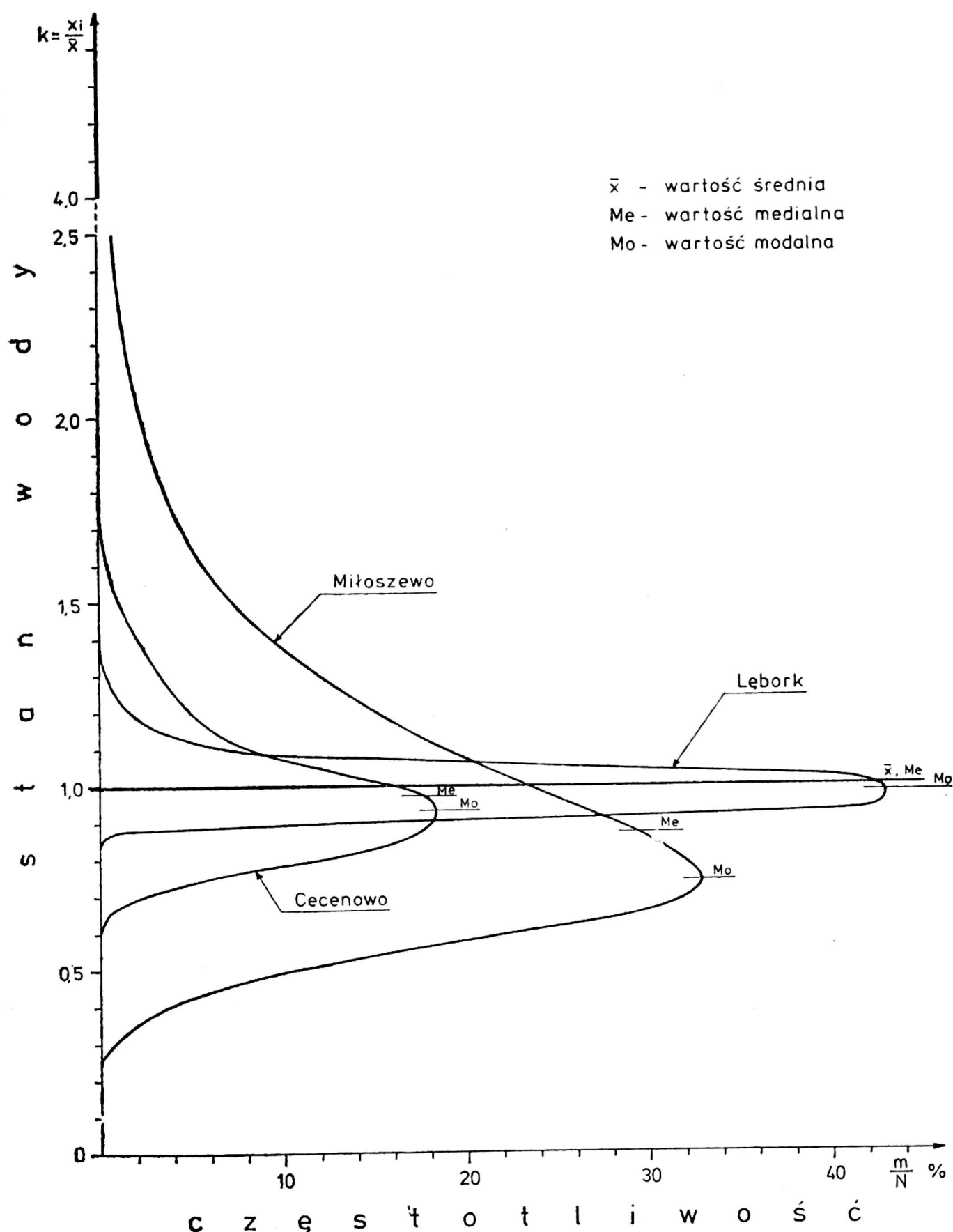
Istotnym elementem wód powierzchniowych dorzecza Łeby są jeziora. Zajmują one nieco ponad 5% powierzchni całej zlewni (K. Umiński 1976), jednak rozmieszczone są nierównomiernie. Największa liczba jezior występuje w pasie Pojezierza Kiszubskiego. Są to jeziora typu polodowcowego o zróżnicowanym kształcie, głębokości i powierzchni z reguły mniejszej od 100 ha, w przewadze o powierzchni 1 - 50 ha. Wzdłuż wybrzeża Bałtyku, oddzielone od niego mierzeją, ciągną się jeziora przybrzeżne: Łebsko, Sarbsko i Dołgie Wielkie, których łączna powierzchnia stanowi 50% całkowitej powierzchni jeziornej dorzecza. Położone są one w kryptodepresji, charakteryzują się niewielką głębokością i niewielkim wzniesieniem lustra wody ponad poziom morza.

#### CZĘSTOŚĆ I CZAS TRWANIA STANÓW WODY NA ŁEBIE

Analizę częstości i czasu trwania stanów wody przeprowadzono dla trzech profili wodowskazowych: Miłoszewa — reprezentującego górny bieg rzeki, Lęborka — charakteryzującego bieg środkowy i Cecenowa — odzwierciedlającego zmiany wodostanu zachodzące w dolnym biegu rzeki (J. Rotnicka 1979).

Materiał wyjściowy, który stanowiły codzienne stany wody z lat





Rys. 2. Rozkład częstości stanów wody na Łebie w trzech profilach wodowskazowych: Miłoszewo, Lębork, Cecenowo

1951 - 1970, uporządkowano w ten sposób, że cały obszar zmienności stanów wody podzielono na 10 cm przedziały (klasy) i obliczono liczbę spostrzeżeń przypadającą na każdy przedział. Z kolei utworzono malejący ciąg rozdzielczy częstości. Następnie wykreślono krzywą rozkładu częstości i krzywą kumulacyjną częstości, zwaną tu krzywą sum czasów trwania stanów wody wraz ze stanami wyższymi. Te dwie krzywe



statystyczne ujmują całościowo zmienność stanów wody na rzece i dają podstawę do wyznaczenia różnych stanów charakterystycznych oraz umożliwiają wyznaczenie granic stref stanów wody, a w dalszej kolejności określenie czasu trwania stanów w poszczególnych strefach.

Rozkłady częstości (rys. 2) scharakteryzowano następującymi parametrami:  $\bar{x}$  — stan średni,  $M_o$  — stan modalny,  $M_e$  — stan środkowy (zwyczajny),  $\sigma$  — odchylenie standardowe,  $C_v$  — współczynnik zmienności,  $C_s$  — współczynnik asymetrii.

Rozkłady częstości występowania stanów wody we wszystkich omawianych przekrojach wodowskazowych rzeki są asymetryczne — wykazują asymetrię dodatnią, co oznacza, że przedział liczbowy, w którym mieszczą się stany wody o wartościach wyższych od średniej jest bardziej rozległy od przedziału liczbowego obejmującego stany leżące poniżej tej wartości.

Zmienność stanów wody na Łebie kształtuje się w ten sposób, że jest najwyższa w jej górnym, pojeziernym biegu (Miłoszewo), osiąga najniższe wartości w biegu środkowym, pradolinny (Lębork) i ponownie wzrasta w biegu dolnym (Cecenowo).

Pod względem czasu trwania stanów wody w poszczególnych strefach stanu, które wyznaczono metodą Rybczyńskiego, obserwuje się na Łebie niewielkie różnice. Czas trwania stanów wysokich wynosi przeciętnie w roku od 37 dni w Lęborku do 46 dni w Miłoszewie i Cecenowie. Stany wody w strefie stanów średnich utrzymują się przez blisko połowę roku i występują w Lęborku przez 173 dni, w Cecenowie przez 176 dni i w Miłoszewie przez 192 dni. Z kolei stany niskie trwają przeciętnie od 4 miesięcy w górnym biegu rzeki (Miłoszewo — 127 dni), do 5 miesięcy w biegu środkowym (Lębork — 155 dni) i dolnym (Cecenowo — 143 dni).

Podsumowując, można stwierdzić, że środkowy bieg Łeby posiada najbardziej ustabilizowane stany wody, grupujące się głównie w strefie stanów średnich i niskich, a największe zróżnicowanie wodostanów występuje w górnym biegu, przy jednoczesnej dominacji stanów średnich.

Rozpatrując jednak zmiany poziomu wody w rzece musimy podkreślić fakt, że odbywają się one w niewielkim zakresie liczb bezwzględnych, bowiem amplitudy wahań wynoszą 100 - 190 cm (przeciętnie 126 cm) w Cecenowie, 40 - 140 cm (przeciętnie 77 cm) w Miłoszewie i 20 - 90 cm (przeciętnie 51 cm) w Lęborku. Są to więc amplitudy niewielkie.

Przyczyn takiego stanu rzeczy dopatrywać się można w stosunkowo dużej retencyjności dorzecza, której sprzyja znaczna ilość jezior, rozległe, okresowo podmokłe obszary w obrębie pradoliny, przepuszczalne grunty i w miarę łagodny, wilgotny klimat. Na przykład Z. Paślawski (1962) wskazuje na wyraźną zależność, jaka występuje między wskaźnikiem jeziorności i współczynnikiem średniej rocznej amplitudy wahań



stanów wody, podając, że wzrost wskaźnika jeziorności np. o około 5% pociąga za sobą trzykrotne zmniejszenie średniej amplitudy wahań stanów wody. Stwierdzenie to miałoby więc potwierdzenie także w przypadku wahań wodostanu na rzece Łebie.

## OKRESY HYDROLOGICZNE ŁEBY W PROFILU LĘBORKA

### WYDZIELENIE OKRESÓW HYDROLOGICZNYCH

Wydzielanie okresów hydrologicznych w cyklu rocznym mieści się w ramach procedury klasyfikacji przeprowadzonej drogą grupowania elementarnych jednostek czasowych na podstawie podobieństwa ich cechy (J. Rotnicka 1976, 1977). Za elementarną jednostkę czasową przyjęto pentadę, a za jej cechę rozkład częstości występowania stanów wody. Podobieństwo między rozkładami częstości stanów dla rocznego zbioru pentad (73 pentady) ustalono metodą statystyczną, stosując test Kołmogorowa-Smirnowa. Grupowania pentad dokonano zaś za pomocą kwadratowej macierzy podobieństw.

Diagram macierzy podobieństw obrazuje relacje, jakie zachodzą między wszystkimi możliwymi parami elementarnych jednostek, z punktu widzenia zgodności rozkładów częstości stanów wody. Wzdłuż przekątnej diagramu wyodrębniają się grupy pentad o określonym typie powiązań, wyznaczające na osi czasu odcinki, które nazywamy okresami hydrologicznymi. Granice okresów hydrologicznych wyznacza punkt zmiany typu struktury powiązań elementarnych jednostek w obrębie sąsiadujących z sobą grup pentad. Jednocześnie między sąsiadującymi z sobą grupami pentad (okresami hydrologicznymi) zachodzi zawsze statystycznie istotna różnica, polegająca na braku zgodności rozkładów częstości występowania stanów wody. Inaczej mówiąc — rozkłady częstości występowania stanów wody sąsiednich okresów hydrologicznych istotnie się różnią.

Przystępując do wydzielenia okresów hydrologicznych na Łebie w profilu Lęborka, w pierwszym etapie badano istotność różnic między rozkładami częstości stanów wody wszystkich pentad. Postawiono hipotezę  $H_0$ , że rozkłady częstości stanów wszystkich możliwych par rocznego zbioru pentad nie różnią się między sobą. Hipotezę tę sprawdzano testem Kołmogorowa-Smirnowa. Porównując dwa rozkłady  $F_{n1}(x)$  i  $F_{n2}(x)$  z dwóch prób (pentad) o liczebności  $n_1$  i  $n_2$  określono statystykę  $D_{n1\ n2}$  z wzoru:

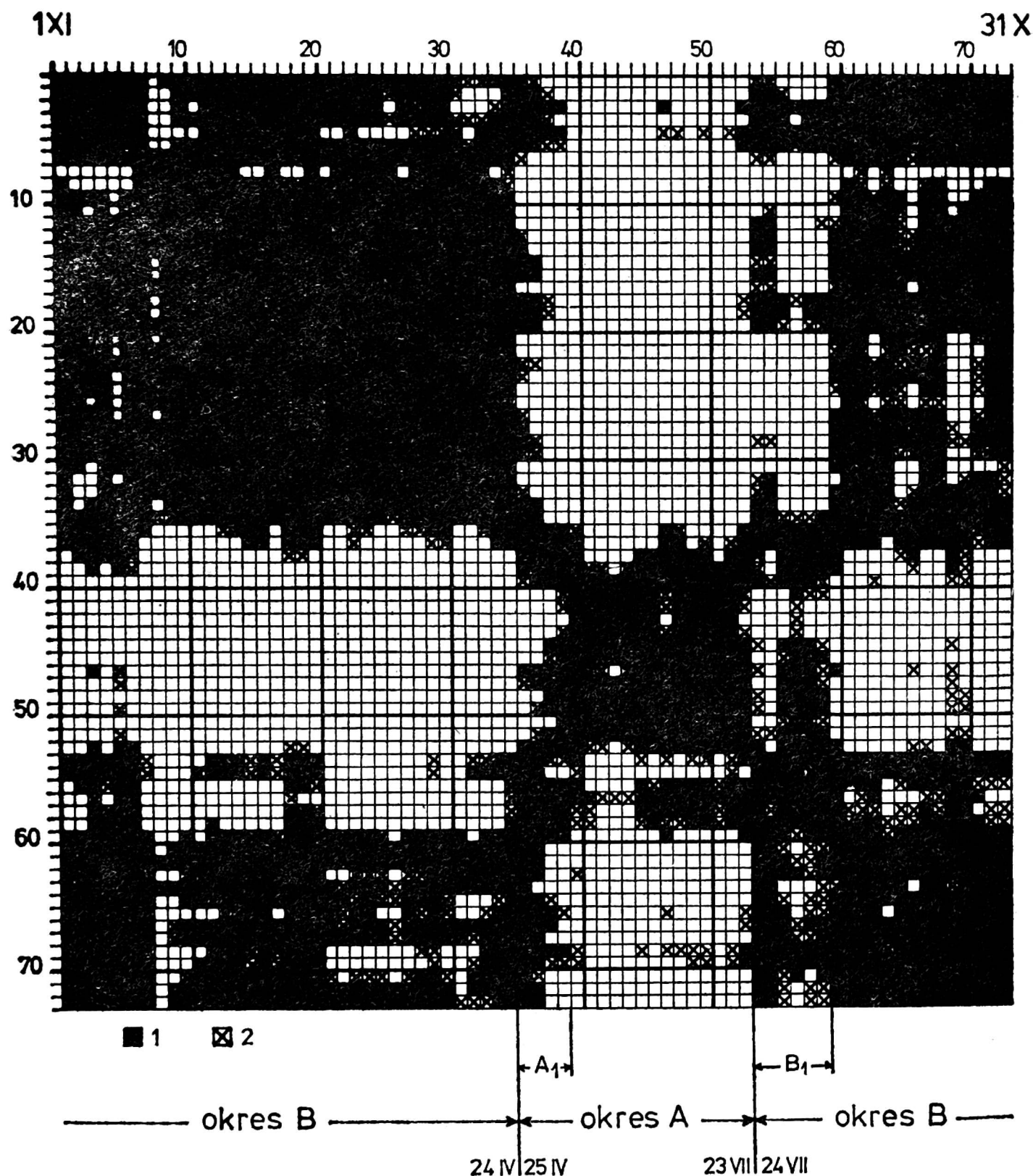
$$D_{n1\ n2} = \max_{(x)} |F_{n1}(x) - F_{n2}(x)|$$

Jeżeli wartość  $D_{n1n2}$  jest mniejsza od wartości  $D_{n1\ n2}^{(\alpha)}$ , jaką wyznacza poziom istotności różnic, nie ma podstaw do odrzucenia założonej hipotezy



$H_0$ . Przyjęto dwa poziomy istotności różnic, a mianowicie:  $\alpha=0,05$  i  $\alpha=0,01$  i założono, że gdy  $D_{n_1 n_2} < D_{n_1 n_2}^{\alpha=0,05}$  to różnica między rozkładami jest nieistotna (rozkłady podobne), gdy zaś  $D_{n_1 n_2}^{\alpha=0,05} \leq D_{n_1 n_2} < D_{n_1 n_2}^{\alpha=0,01}$  to rozkłady są prawdopodobnie podobne, a gdy  $D_{n_1 n_2} \geq D_{n_1 n_2}^{\alpha=0,01}$  to różnica między rozkładami jest istotna (rozkłady niepodobne).

Wyniki testowania dały podstawę do skonstruowania macierzy podobieństw, która obrazuje czasową strukturę wodostanu w cyklu rocz-



Rys. 3. Macierz podobieństw dla rocznego zbioru pentad i okresy hydrologiczne Łeby w profilu Lęborka

1 — rozkłady podobne, 2 — rozkłady prawdopodobnie podobne



nym (rys. 3). Struktura ta wskazuje na istnienie dwóch wyraźnych, niepodobnych do siebie grup pentad (stwierdzono to również przy pomocy testu Kołmogorowa-Smirnowa), co dowodzi istnienia dwóch okresów hydrologicznych.

Granice między okresami przebiegają pomiędzy pentadami 35 a 36 oraz pomiędzy pentadami 53 a 54. Okres obejmujący pentady od 36 do 53 oznacza jako A, a okres który tworzą pentady od 54 do 35 oznaczono jako B. Okres A zaczyna się zatem z dniem 25 kwietnia i trwa do 23 lipca, zaś okres B trwa od 24 lipca do 24 kwietnia.

W zbiorach wymienionych tu grup pentad wyodrębniają się także pewne podgrupy. Zaznaczają się one jedynie przez niewielkie rozluźnienie powiązań z kilkoma obokleśnymi pentadami. Jednak nie mogą one stanowić odrębnych okresów z uwagi na to, że między nimi a pentadami sąsiadującymi nie występuje istotna statystycznie różnica, której obecność dowodzi poprawności wyznaczenia granic między okresami hydrologicznymi. W obrębie okresu A podgrupę stanowią pentady od 36 do 39, tzn. odcinek czasu od 25 kwietnia do 14 maja, a w obrębie okresu B pentady od 54 do 59, tj. odcinek czasu od 24 lipca do 22 sierpnia.

Wykryta struktura czasowa wodostanu na Łebie w profilu Lęborka określa jej reżim. Istnienie dwóch okresów hydrologicznych, w myśl klasyfikacji reżimów rzecznych według M. Pardè (1957), pozwalałoby zaklasyfikować Łebę do rzek o reżimie prostym. I. Dynowska (1971) zaklasyfikowała reżim tej rzeki do typu wyrównawczego z wezbraniem wiosennym i zimowym oraz gruntowo-deszczowo-śnieżnym zasilaniem, i jak sama podkreśla odpowiada on wyżej wspomnianemu reżimowi prostemu.

#### CHARAKTERYSTYKA OKRESÓW HYDROLOGICZNYCH

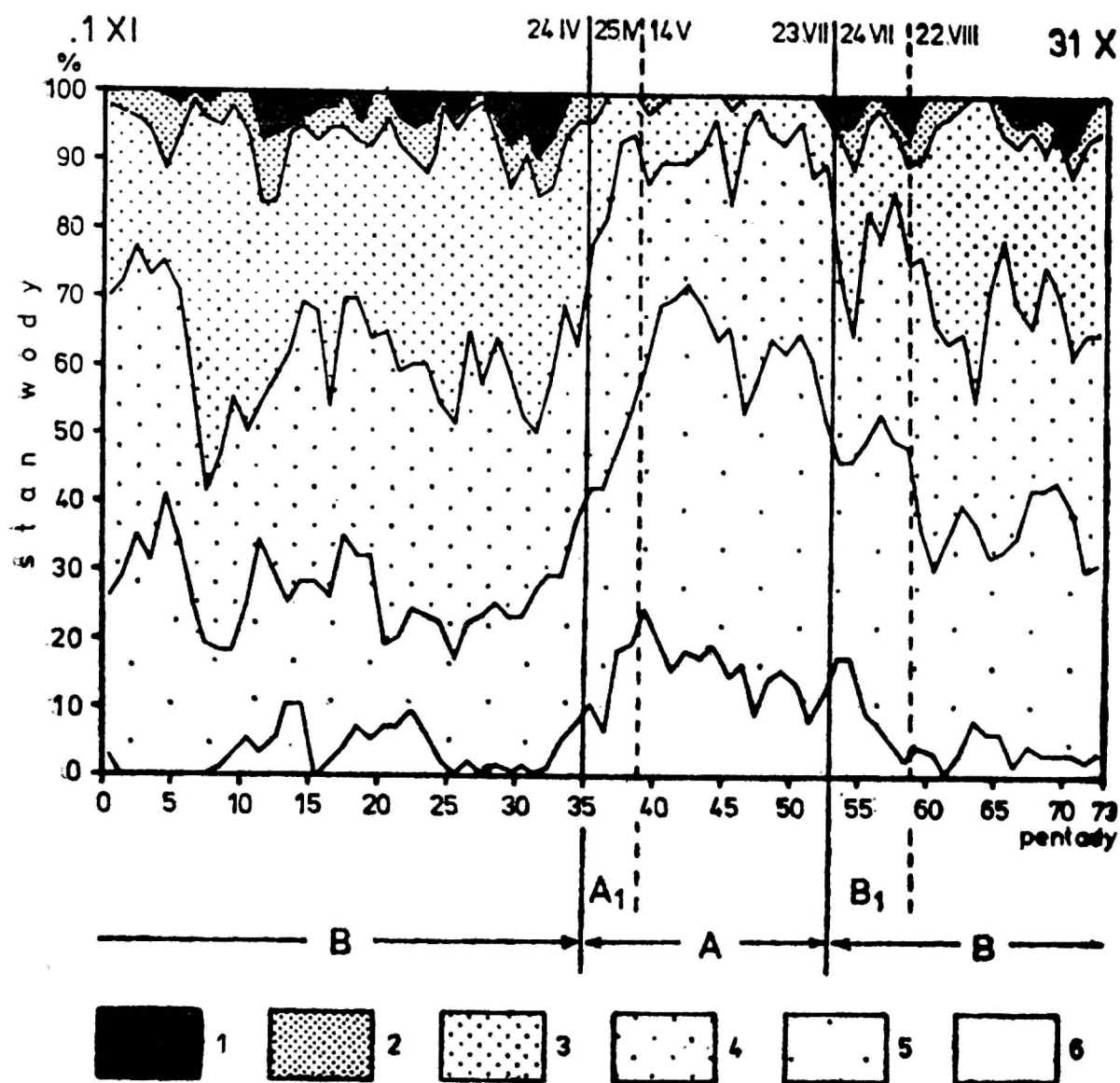
Okresy hydrologiczne scharakteryzowane zostaną przez omówienie rozkładu częstości występowania stanów wody w poszczególnych strefach stanu, kształtowania się przepływu i wielkości odpływu oraz występowania zjawisk lodowych.

Wartości codziennych przepływów obliczono na podstawie krzywej konsumpcyjnej, skonstruowanej na podstawie wyników pomiarów objętości przepływu z lat 1951 - 1966, opisaną równaniem:

$$Q = -5,4022 + 1,3153H + 3,8873H^2$$

Okres A, trwający przez trzy miesiące, od 25 IV do 23 VII, rozpoczyna się w czasie gwałtownego, bo około 40% wzrostu udziału stanów niskich zarówno w dolnej jak i górnej strefie tych stanów. Systematyczny wzrost udziału stanów niskich w strukturze czasowej wodostanu rzeki zaznacza się jako podokres A<sub>1</sub> (rys. 4). Cechą charakterystyczną





Rys. 4. Diagram częstości występowania stanów wody w poszczególnych strefach stanu na Łebie w profilu Lęborka w kolejnych pentadach roku

1 — górna strefa stanów wysokich, 2 — dolna strefa stanów wysokich, 3 — górna strefa stanów średnich, 4 — dolna strefa stanów średnich, 5 — górna strefa stanów niskich, 6 — dolna strefa stanów niskich

okresu A jest dominacja stanów niskich, których częstość przekracza 50% (maksymalnie 70%) oraz znikome, sporadyczne wystąpienia stanów wysokich (do 2%). Wartości przepływu są mało zróżnicowane. Średni dobowy przepływ kształtuje się na poziomie 3,74 m<sup>3</sup>/s, a przepływ dominujący wynosi około 3,6 m<sup>3</sup>/s. Odpływ w omawianym okresie stanowi 22% odpływu średniego rocznego.

W okresie B, trwającym przez 9 miesięcy, od 24 VIII do 24 IV, dominują stany średnie z mniej więcej równym podziałem na niskie średnie i wysokie średnie stany, a więc stany wyższe niż w okresie A (rys. 4). Początek okresu B (podokres B<sub>1</sub>) odzwierciedla się w strukturze wodostanu wyraźnym zmniejszaniem się ilości stanów z dolnej strefy stanów niskich i dość wyraźnym wzrostem udziału wód wysokich. Stany wysokie, pojawiające się w tym czasie, są wywołane deszczami, ponieważ jest to okres maksimum opadowego. W pozostałym czasie okresu B rozkład stanów wody na poszczególne strefy stanu jest mniej więcej



wyrównany. Na stany niskie — głównie jednak wysokie niskie — przypada około 30%, na stany średnie około 60%, a na stany wysokie około 10%. W tym okresie nie zaznacza się w sposób wyraźny wezbranie wiosenne, roztopowe, chociaż najwyższe stany wody pokazują się w terminach od 21 III do 4 IV.

Średni dobowy przepływ jest wyższy od średniego rocznego o około 4% i wynosi 4,51 m<sup>3</sup>/s, chociaż dla maksymalnych wartości stanu wody przyjmuje około 25 m<sup>3</sup>/s. Odpływ z okresu stanowi 78% odpływu rocznego, co daje ponad 100 mln m<sup>3</sup> wody.

W tym okresie występują także zjawiska lodowe. Dominującą formą tych zjawisk jest częściowe zlodzenie i śryż. W badanym dwudziestolecu nie zanotowano stałej pokrywy lodowej. Największe nasilenie występowania zjawisk lodowych przypada na luty. Najwcześniej zjawiska lodowe pojawiają się w drugiej dekadzie grudnia, a ustępują najpóźniej w drugiej dekadzie marca. Przeciętnie trwają 14 dni.

Pod względem czasu trwania, jak i formy zjawisk lodowych, środkowy bieg Łeby różni się od jej biegu górnego i dolnego. Tam bowiem zjawiska lodowe utrzymują się dłużej (o 30 dni w biegu górnym i o 12 dni w biegu dolnym) oraz dość często występuje stała pokrywa lodowa.

#### ZEBRANIE WYNIKÓW

Przeprowadzona charakterystyka warunków fizyczno-geograficznych dorzecza Łeby oraz analiza struktury czasowej zjawisk hydrologicznych rzeki pozwala przedstawić następujące ważniejsze wyniki:

— Zróżnicowane warunki fizyczno-geograficzne dorzecza oddziałują najprawdopodobniej odmiennie na reżim rzeczny w poszczególnych odcinkach biegu rzeki.

— Zmienność stanów wody Łeby jest mała, najmniejsza w jej środkowym biegu i wyrażona bezwzględnymi liczbami osiąga niewielkie rozmiary (przeciętnie od 51 cm w Lęborku do 126 cm w Cecenowie).

— Podobnie kształtuje się także zmienność przepływu.

— W strukturze czasowej zjawisk hydrologicznych w cyklu rocznym wyróżniono na Łebie w profilu Lęborka dwa okresy hydrologiczne: okres A, o stanach niższych, trwający od 25 IV do 23 VII, i okres B o stanach wyższych, trwający od 24 VII do 24 IV.

— Istnienie tylko dwóch okresów hydrologicznych pozwala zaklasyfikować Łebę w profilu Lęborka do typu reżimu prostego.

Instytut Geografii  
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
Zakład Hydrografii i Klimatologii



## LITERATURA

- Augustowski B., 1965: Układ i rozwój pradolin Pobrzeża Kaszubskiego. (Sum.: Morphology and development of ice marginal streamways of the Cassubian Coast). Zesz. Geogr. WSP w Gdańsku, R. 7.
- Augustowski B., 1972: Niziny Nadmorskie. Rozdział w: Geomorfologia Polski, T. 2, Praca zbior. pod red. R. Galona, PWN, Warszawa.
- Dynowska I., 1971: Typy reżimów rzecznych w Polsce. (Sum.: Types of river regimes in Poland). Zesz. Nauk. UJ, CCLXVIII, Prace Geogr., Z. 28, Kraków.
- Kondracki J., 1965: Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa.
- Milata W., 1950: Trwałość pokrywy śnieżnej w Polsce. Przegl. Geogr., T. XXIII, Warszawa.
- Pardé M., 1957: Rzeki (tłum.). Warszawa.
- Pasławski Z., 1962: Wpływ jezior przepływowych na reżim stanów rzek niżowej części dorzecza Odry. Gazeta Obserw. PIHM, Nr 8, Warszawa.
- Rosa B., 1963: O rozwoju morfologicznym wybrzeża Polski w świetle dawnych form brzegowych. (Zfs.: Über die Morphologische Entwicklung der Küste Polens im lichte der Alten Strandformen). Stud. Soc. Sci. Torunensis, Vol. V, Toruń.
- Rotnicka J., 1976: The separation of hydrological periods and description of river regimes by comparison of probability distribution of water stages by pentads. Quaestiones Geographicae, Nr 3, UAM, Poznań.
- Rotnicka J., 1977: Teoretyczne podstawy wydzielania okresów hydrologicznych i analizy reżimu rzecznego na przykładzie rzeki Prosny. (Sum.: Theoretical bases for distinction of hydrological periods and for analysis of river regime exemplified on the Prosna River). Prace Kom. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, T. XVIII, PWN, Warszawa—Poznań.
- Rotnicka J., 1979: Częstość i czas trwania stanów wody na rzece Łebie. Sprawozd. PTPN za II półrocze 1977, Poznań (w druku).
- Umiński K., 1976: Stany wody na rzece Łebie w ujęciu probabilistycznym (praca magisterska, Archiwum UAM w Poznaniu).
- Woś A., 1970: Zarys klimatu Polski Północno-Zachodniej w pogodach. (Sum.: An outline of climate in North-West Poland). Prace Kom. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, T. X, Z. 3, Poznań.

JADWIGA ROTNICKA

## THE WATER REGIME OF A COASTAL RIVER EXAMPLIFIED BY THE ŁEBA RIVER

### Summary

The determination of the water regime of a river consists in the detection of a time structure of hydrological phenomena in a year, that is in the distinction of phases of this cycle which are farther called hydrological periods (J. Rotnicka 1976, 1977). Using the method presented in the above papers the water regime of the Łeba River has been determined.

The Łeba River flows to the Baltic Sea. Its upper section occurs in the lake area of Pomerania and is characterized by high gradients. The middle and lower sections flow through the Reda-Łeba Pradolina and have low gradients. Water stages and discharges are not the same along the whole course of the river. The middle course of the Łeba (Łębork) exhibits the most stabilized



water stages, which are grouped mainly in a zone of mean and low stages, and the largest differences of water stages may be observed in the upper course at the domination of mean stages (Fig. 2). However, changes in the water level are not very wide since they oscillate at 126 cm in the lower course, 77 cm in the upper course and 51 cm in the middle course on the average.

The present paper presents results of investigations on the water regime of the Łeba River on the basis of data from the water gauge station at Lębork.

The determination of hydrological periods in the annual cycle is comprised by the procedure of classification made by grouping pentads on the basis of similarities in the distribution of the frequency of particular water stages (J. Rotnicka 1967, 1977). The similarity between distributions has been found by a statistical method with the use of the Kolmogorov-Smirnov test. The grouping of pentads has been made by means of square similarity matrix. Along the diagonal of the matrices' diagram two groups of pentads are distinguished, which mark some sections on the time axis, called hydrological periods.

The diagram of similarity matrix illustrates a time structure of the Łeba water gauge in the annual cycle (Fig. 3). This structure points out to the occurrence of two distinct quite different groups of pentads, which in turn proves the existence of two hydrological periods. The A period (pentads: 36 - 53) lasts from April 25 to July 23, whereas the B period (pentads: 54 - 35) lasts from July 24 to April 24. In the above groups of pentads it is possible to distinguish two subgroups (subperiods  $A_1$  and  $B_2$ ) — Fig. 3. They may be observed only due to a slight loosening of relations with adjacent pentads. Still, they cannot be considered as separate periods since no statistically significant differences between and adjacent pentads can be found, which would confirm the boundaries between particular hydrological periods.

In the A period low stages are dominant (Fig. 4) and values of water discharges are very little differentiated (the mean daily discharge is 3.74 m<sup>3</sup>). The runoff of that period is 22% of the mean annual one. During the B period mean stages dominate (Fig. 4). This period is not distinctly characterized by spring high waters from melting. The mean daily discharge is by 4% higher than the mean annual one. Ice phenomena lasting for about 14 days on average are also common in this period.

The occurrence of only two hydrological periods allows to classify the Łeba River in the Lębork profile to the type which M. Pandé (1957) calls the simple one.

*Institute of Geography  
A. Mickiewicz University of Poznań  
Department of Hydrography and  
Climatology*

#### EXPLANATION OF FIGURES

Fig. 1. A geomorphological sketch of the Łeba drainage basin (after B. Rosa 1963, B. Augustowski 1965, 1972).

1 — edges of plateaus, 2 — plateaus of coastal lowlands, 3 — post-lake plateaus, 4 — dune areas on bars, 5 — outwash plains, 6 — end moraines, 7 — fragments of terraces, 8 — alluvial fans.

Fig. 2. The distribution of frequency of water stages on the Łeba in three gauge profiles: Miłoszewo, Lębork, Cecenowo.



**Fig. 3.** The similarity matrix for the annual set of pentads and hydrological periods of the Łeba in the Lębork profile.

1 — similar distributions, 2 — probably similar distributions.

**Fig. 4.** The diagram of frequency of water stages in particular zones of the stage on the Łeba in the Lębork profile in succeeding pentads of the year

1 — upper zone of high stages, 2 — lower zone of high stages, 3 — upper zone of mean stages, 4 — lower zone of mean stages, 5 — upper zone of low stages, 6 — lower zone of low stages.