

## TYOLOGIA REŻIMU ODPLYWU RZEK W POLSCE W PODEJŚCIU NADZOROWANYM I NIENADZOROWANYM

DARIUSZ WRZESIŃSKI

Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,  
ul. B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

**Abstract:** The paper presents a typology of the river regime in Poland obtained with the application of a supervised approach, i.e. a classic typology according to the assumptions of Dynowska with a regime typology obtained in an unsupervised approach by means of hierarchical grouping. In both cases, the explanatory variables were monthly flow coefficients – respectively: only from spring and summer months, with predefined threshold values, or 12-month flow coefficients. The paper applied daily flow values from the period 1971–2010 for 516 gauges located on 280 Polish rivers. In both approaches, five types of regime were designated, including rivers characterised by a similar distribution and range of monthly runoff values in an average annual cycle. The designated groups, however, differ in abundance, which affects the image of spatial distribution of rivers representing the types of regime identified. The analysis shows that irrespective of the adopted method of designation, two types of regime, namely nival poorly developed and pluvio-nival are evidently characterised by different patterns of flow variability in an average annual cycle, and concern similar groups of rivers.

**Keywords:** river runoff, hydrological regime, hierarchical clustering, flow coefficient (Pardé)

### WSTĘP

Ważnym nurtem współczesnych badań nad przemianami środowiska przyrodniczego jest detekcja zmian w cyklu hydrologicznym, w tym cech reżimu hydrologicznego. Analiza czasowego zróżnicowania zjawisk hydrologicznych w cyklu rocznym może dotyczyć najbardziej charakterystycznych i wyróżniających się okresów cyklu hydrologicznego – wezbrań i niżówek lub obejmować całoroczny cykl zmienności zjawisk. W tym drugim przypadku stosuje się umowny podział roku na okresy miesięczne, pory roku lub analizuje zmienność zjawisk w sezonach hydrologicznych, czyli okresach w cyklu rocznym, które charakteryzują się jednakowym przebiegiem klimatycznych i hydrologicznych zjawisk i procesów. Pierwsze obszerniejsze prace dotyczące reżimu rzek w Polsce powstały w latach 70. XX w. Dębski (1970) zakwalifikował nasze rzeki do typu śnieżno-deszczowego w czterech odmianach: złożony górski, złożony tatrzański, oceaniczny i równinny. Najbardziej szczegółową typologię reżimu rzek w Polsce przedstawiła Dynowska (1971). Ustalając typ reżimu rzeczno, uwzględniła: rodzaj i udział zasilania (podziemne, deszczowe, śnieżne), charakter zmienności odpływu na podstawie zmienności codziennych przepływów

i współczynnika nieregularności przepływów średnich miesięcznych i rocznych oraz porę największego wezbrania. Autorka zidentyfikowała trzy główne typy reżimu hydrologicznego: wyrównany, umiarkowany i niewyrównany, w obrębie których wyróżniła 13 podtypów w zależności od liczby i okresów występowania największych wezbrań oraz przeważającego rodzaju zasilania. Praca powstała na podstawie materiału hydrometrycznego z lat 1951–1960, jednak niektóre cechy reżimu (zmienność codziennych przepływów, wielkość i udział zasilania podziemnego) zostały określone tylko dla okresu trzyletniego (1958–1960) i tylko dla 30 rzek reprezentujących określony region geograficzny. Syntezę kartograficzną reżimu rzek w Polsce Dynowska (1997) przedstawiła w *Atlasie Rzeczypospolitej Polskiej*. Na podstawie miesięcznych współczynników przepływu (W) wyróżniła pięć typów reżimu rzek: trzy niwalne (śnieżne) – słabo, średnio i silnie wykształcone, niwalno-pluwalny (śnieżno-deszczowy) i pluwalno-niwalny (deszczowo-śnieżny). Typologię reżimów rzek w Polsce z uwzględnieniem kryteriów Dynowskiej (1997) na podstawie danych z lat 1951–2010 przedstawił Wrzesiński (2013). Interesujące podejście do badania reżimu wodnego na przykładzie rzek w dorzeczu Odry i Przymorza zaproponowała Rotnicka (1988). W odmiennym od dotychczasowych ujęciu zagadnienia reżim rzeczny rozumiany jest jako rodzaj i struktura czasowa przepływów rzecznych w normalnym cyklu hydrologicznym. Elementami tej struktury są tzw. okresy hydrologiczne, które są narzędziem badania reżimu i podstawą jego charakterystyki. Na podstawie liczby, typów i sekwencji okresów hydrologicznych Rotnicka wyróżniła sześć głównych typów reżimu badanych rzek – od pięcio- do jednokresowego.

Rozpoznanie prawidłowości zmienności odpływu w cyklu rocznym opiera się zarówno na podejściach nadzorowanych, jak i nienadzorowanych (Krasovskaia, Gottshalk 2002). W podejściu nadzorowanym najpierw definiuje się wskaźniki decydujące o typie reżimu, a następnie poszukiwane są prawidłowości w wieloletnich średnich miesięcznych lub sezonowych przepływach zgodne z wcześniej zdefiniowanymi wskaźnikami. Przykładem takiego podejścia są typologie reżimu rzek w Polsce zaproponowane przez Dynowską (1971, 1997). W podejściu nienadzorowanym, opierającym się głównie na grupowaniu wybranych do analizy zmiennych, nie ma takich wskaźników, a ustalenie typu reżimu dokonuje się na podstawie struktury danych tak, aby obiekty w obrębie pojedynczego typu były do siebie możliwie podobne. W typologii reżimu w dorzeczu Odry i rzek Przymorza takie podejście zaproponowała Rotnicka (1988). W pierwszym podejściu ustalenie *a priori* wskaźnika decydującego o typie reżimu wskazuje na pewną jego subiektywność. Podejście nienadzorowane wydaje się bardziej obiektywne, jednak na wynik analizy wpływa tzw. reguła stopu i przyjęcie określonego poziomu grupowania oraz stopnia zgodności w identyfikowanych grupach.

Celem pracy jest porównanie cech reżimu odpływu rzek w Polsce w typologii uzyskanej w podejściu nadzorowanym zgodnie z kryteriami Dynowskiej (1997) z typologią opartą na podejściu nienadzorowanym, przeprowadzone

przez grupowanie hierarchiczne zmiennych analitycznych, którymi były miesięczne współczynniki przepływu. Przedstawiono także przestrzenne zróżnicowanie rzek w wyróżnionych typach reżimu.

W pracy wykorzystano materiał hydrometryczny Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej-PIB, którym były dzienne wartości przepływów z lat 1971–2010 z 516 posterunków położonych na 280 rzekach Polski.

## METODY TYPOLOGII REŻIMU ODPŁYWU

Na pierwszym etapie pracy zastosowano podejście nadzorowane typologii reżimu zgodnie z kryteriami zaproponowanymi przez Dynowską (1997) oraz Dynowską i Pociask-Karteczkę (1999). Wyróżniono pięć typów reżimu:

- niwalny słabo wykształcony dla rzek, których średni przepływ miesiąca wiosennego osiąga maksymalnie 130% średniego przepływu rocznego ( $W \leq 130\%$ ),
- niwalny średnio wykształcony, gdy średni przepływ miesiąca wiosennego wynosi 130–180% średniego przepływu rocznego,
- niwalny silnie wykształcony, gdy przepływ miesiąca wiosennego przekracza 180% przeciętnego przepływu rocznego,
- niwalno-pluwialny, gdy średni przepływ miesiąca wiosennego wynosi na ogół 130–180% średniego przepływu rocznego i wyraźnie zaznacza się wzrost przepływu w miesiącach letnich, wynoszący co najmniej 100% średniego przepływu rocznego
- pluwialno-niwalny, gdy średni przepływ miesiąca letniego jest wyższy lub prawie równy średniemu przepływowi miesiąca wiosennego i w obu przypadkach przepływ wynosi na ogół 130–180% średniego przepływu rocznego.

Na drugim etapie pracy wykorzystano podejście nienadzorowane typologii reżimu, przeprowadzając klasyfikację badanych rzek (profilu rzecznych) z punktu widzenia wartości 12-miesięcznych współczynników przepływu. W procedurze klasyfikacji zastosowano metodę grupowania hierarchicznego Warda. Na podstawie analizy dendrogramu wyznaczono pewien przedział poziomu grupowania, w którym tworzą się wyraźnie wiązki grup badanych rzek. Przedział ten wyznacza wartość poziomu grupowania skupień, który ustalono na 1500. W ten sposób otrzymano podział analizowanych rzek (posterunków) na pięć grup typologicznych, których nazwy przyjęto zgodnie z propozycją Dynowskiej (1997).

## TYPY REŻIMU ODPŁYWU

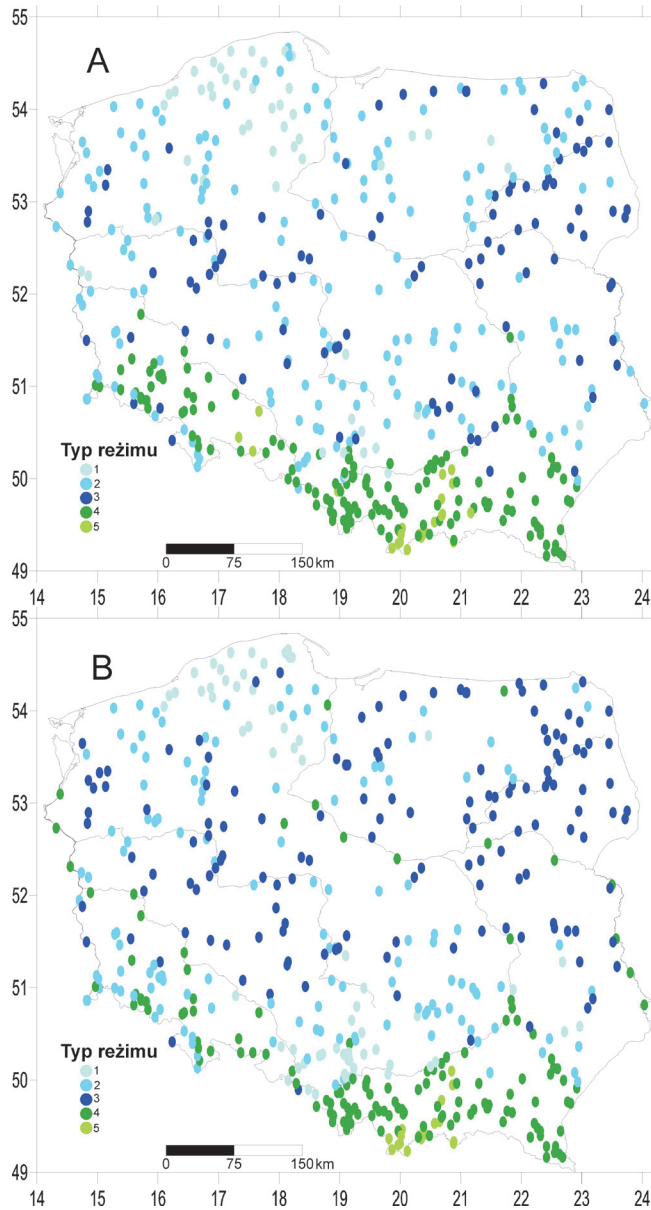
Zgodnie z kryteriami Dynowskiej (1997) wyróżniono pięć typów reżimu rzek w Polsce, których charakterystykę przedstawiono w pracach Wrześnińskiego (2013, 2017), a przestrzenne rozmieszczenie pokazano na rycinie 1A.

**Typ 1 – reżim niwalny słabo wykształcony** w podejściu nadzorowanym, zidentyfikowano w przypadku 54 profili hydrometrycznych (10,5% wszystkich analizowanych). Położone są one głównie na rzekach Przymorza (na wschód od Parsęty po Redę) i rzekach Pojezierza Pomorskiego (Brda, Wda, górna Wierzyca i Radunia). Ten typ reżimu reprezentują też rzeki Pojezierza Mazurskiego (Pisa, Krutynia, górna Pasłęka i Łyna), a na Ziemi Lubuskiej (Ilanka i Pliszka), rzeki Wyżyny Śląsko-Krakowskiej (górna Warta po Poraj, Biała Przemsza, Kłodnica z Bytomką oraz Biała Nida) i Roztocza (Wieprz po Zwierzyniec). W cyklu rocznym rzeki te wyróżniają się najbardziej wyrównanymi przepływami i największym udziałem odpływu podziemnego w odpływie całkowitym, który na wielu rzekach jest wyższy od 80%. W porównaniu z innymi typami reżimu rzeki te charakteryzują się najmniejszą zmiennością przepływów. Przeciętna zmienność przepływów dobowych wynosi  $C_v = 0,39$ , a nieregularność skrajna przepływów jest mniejsza od 10 (Wrzesiński 2013, 2017). Rzeki te charakteryzuje stosunkowo wysoki odpływ całkowity. Przeciętnie wynosi on ponad 270 mm, a w przypadku rzek Przymorza jest wyższy od 300 mm. W podejściu nienadzorowanym taki typ reżimu zidentyfikowano dla 69 profili (13,4%). Zarówno rozkład przestrzenny rzek o tym typie, jak i cechy odpływu są bardzo zbliżone do tych wyróżnionych zgodnie z kryteriami Dynowskiej (ryc. 1 i 2, tab. 1 i 2). W porównaniu z podejściem nadzorowanym największa różnica dotyczy identyfikacji cech reżimu rzek regionu śląskiego, gdzie Przemszę i większość rzek w jej zlewni zaliczono do typu 1 reżimu. Podobnie jest w przypadku niektórych dopływów górnej Odry (Psiny, Rudy z Suminą, Straduni i Oławy) oraz dopływów Olzy (Szołkówki i Pietrówki). Na Lubelszczyźnie do tego typu reżimu zaliczono Bystrycę (Sobianowice), Ładę – dopływ Tanwi oraz Wyżnicę – dopływ Wisły. Wśród rzek na północnym wschodzie taki typ reżimu stwierdzono tylko na Łynie w jej górnym biegu. W podejściu nienadzorowanym, w porównaniu z typologią Dynowskiej, grupa rzek o reżimie niwalnym słabo wykształconym charakteryzuje się nieznacznie większą zmiennością zarówno odpływów całkowitych, przepływów dobowych, jak i współczynników przepływu (tab. 1 i 2). W obu podejściach przebieg współczynników przepływu ( $W$ ) w cyklu rocznym i ich wartości średnie są podobne, a w marcu decydującym o typie reżimu, wynoszą po około 121%. Różnica dotyczy wartości maksymalnej, która w drugim podejściu jest wyższa i wynosi 142%.

**Typ 2 – reżim niwalny średnio wykształcony** w podejściu nadzorowanym, reprezentuje 185 profili (35,8%). Rzeki o tym reżimie występują zarówno w północnej części kraju, np. rzeki zachodniej części Przymorza (Rega, Parsęta), rzeki na północnym wschodzie kraju, spływające z garbu pojeziernego (Drwęca, Wkra, Łyna, Orzyc, Omulew, Rozoga, Ełk, Czarna Hańcza), rzeki tranzytowe w części centralnej (np. Wisła, Odra i Warta z Notecią oraz Prosną), jak i w pasie wyżynnym (rzeki w zlewni Pilicy, rzeki Wyżyny Lubelskiej w zlewni Wieprza). Rzeki te charakteryzują się przeciętnymi odpływami (100–200 mm), jedynie

rzeki pojezierne i przymorskie wyróżnia odpływ ponad 200 mm, a w przypadku Parsęty i Szeszupy nawet 300 mm. Rzeki w północnej części kraju i w zlewni Wieprza charakteryzują się wysokim udziałem zasilania podziemnego (60–80%), który na pozostałych rzekach o tym typie reżimu wynosi 40–60% (Wrześciński 2013). Średni odpływ całkowity rzek w tej grupie wynosi 196 mm, współczynnik zmienności przepływu  $C_v = 0,802$ . W podejściu nienadzorowanym zidentyfikowano znacznie mniej rzek o tym typie reżimu – 139 (26,9%). Zwłaszcza wiele rzek w północnej i środkowej części kraju, które w podejściu nadzorowanym zakwalifikowano do typu 2, w podejściu nienadzorowanym reprezentują 3 typ reżimu. Nieznacznie więcej zaliczono do tego typu reżimu rzek sudeckich. Większy jest też w tej grupie rzek średni odpływ (221 mm) i zmienność przepływu ( $C_v = 0,918$ ). Przebieg średnich miesięcznych współczynników dla grup rzek o typie 2 reżimu w obu podejściach jest niemal identyczny. Wyjątek stanowi okres letni, w którym wartości są (np. w lipcu), o 10% niższe w podejściu nadzorowanym. Znaczące różnice dotyczą wartości maksymalnych współczynników przepływu w lipcu i sierpniu, które w podejściu nienadzorowanym są wyższe o ponad 20%. Wskazuje to na włączenie w tym podejściu do typu niwalnego średnio wykształconego niektórych rzek o reżimie złożonym niwalno-plitwalnym według klasycznej wersji Dynowskiej. Tak jest w przypadku kilku rzek Przedgórze Sudeckiego (Ślęzy, Strzegomki, Kaczawy i Kwisy).

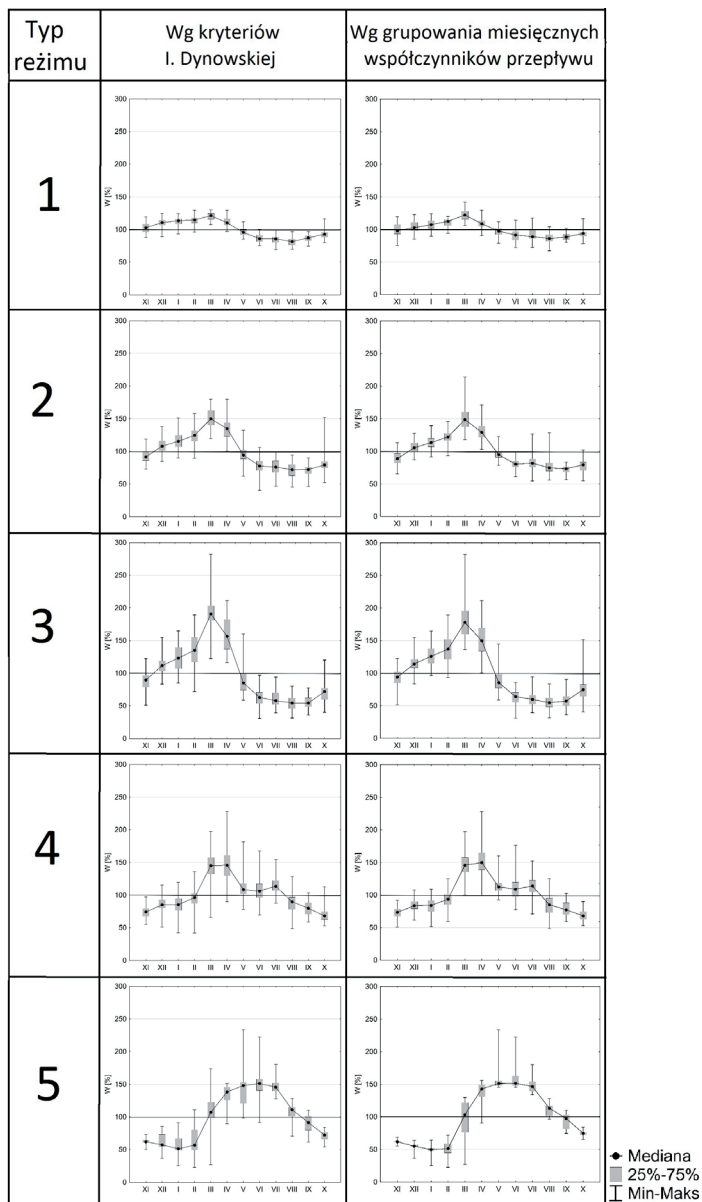
**Typ 3 – reżim niwalny silnie wykształcony** w podejściu nadzorowanym zidentyfikowano w przypadku 99 profili (19,2%). Rzeki o tym typie reżimu są położone w nizinnej części kraju, od Pojezierza Myśluborskiego (Myśla) i Pobrzeża Szczecińskiego (Mała Ina i Krapiel w zlewni Iny) na zachodzie, poprzez Pojezierze Wielkopolskie, Nizinę Południowowielkopolską (Barycz przy ujściu, Orla, dopływy Proсны – Ołobok i Niesób) i Nizinę Środkowomazowiecką (zlewni Bzury), po większość rzek we wschodniej części kraju w zlewni Narwi i Bugu. Ten typ reżimu spotyka się jeszcze na Wyżynie Kielecko-Sandomierskiej (Koprzywianka, Czarna, Czarna Nida oraz Świślina w zlewni Kamiennej). Rzeki te wyróżniają się największymi zmianami odpływu w cyklu rocznym – od wysokiego wezbrania roztopowego na wiosnę po głęboką niżówkę letnio-jesienną. Rzeki o tym typie reżimu leżą w pasie najniższych odpływów, które z reguły nie przekraczają 160 mm. Wyższy odpływ, ponad 200 mm, obserwuje się jedynie na północnym wschodzie w zlewni Wąskiej, Wałszy, Elmy, Jarki (Gołdapy) oraz Kamiennej na Wyżynie Kieleckiej. Skrajnie niskie odpływy, poniżej 80 mm, odnotowuje się na Mogilnicy i Flincie na Pojezierzu Wielkopolskim oraz na Tążynie, lewym dopływie Wisły na Kujawach (60 mm). Zróżnicowane są też wielkości zasilania podziemnego i zmienności przepływów. Wysoką zmiennością przepływów dobowych charakteryzują się niektóre rzeki Wyżyny Kieleckiej (Koprzywianka, Czarna), a na niżu rzeka Brok, prawy dopływ Bugu i Tążyna. Ta ostatnia, podobnie jak wiele cieków Pojezierza Wielkopolsko-Kujawskiego (Sama, Mogilnica), wyróżnia się wysoką zmien-



Ryc. 1. Rozkład przestrzenny profili w przeprowadzonych typologiach: A) według kryteriów Dynowskiej, B) według grupowania miesięcznych współczynników przepływu  
 Typy reżimu: 1 – nivalny słabo wykształcony, 2 – nivalny średnio wykształcony, 3 – nivalny silnie wykształcony, 4 – nivalno-pluwialny, 5 – pluwialno-nivalny.

Fig. 1. Spatial distribution of gauges in the performed typologies: A) according to the criteria by Dynowska, B) according to the grouping of monthly flow coefficients  
 Type of regime: 1 – nival, poorly developed, 2 – nival, moderately well developed, 3 – nival, very well developed, 4 – nival-pluvial, 5 – pluvio-nival.





Ryc. 2. Zakres zmienności miesięcznych współczynników przepływu w pięciu typach reżimu w porównywalnych typologiach

Typy reżimu: 1 – nivalny słabo wykształcony, 2 – nivalny średnio wykształcony, 3 – nivalny silnie wykształcony, 4 – nivalno-pluwialny, 5 – pluwialno-nivalny.

Fig. 2. Range of variability of monthly flow coefficients in five types of regime in comparable typologies

Type of regime: 1 – nival, poorly developed, 2 – nival, moderately well developed, 3 – nival, very well developed, 4 – nival-pluvial, 5 – pluvio-nival.

Tabela 1. Parametry cech hydrologicznych w wyróżnionych typach reżimu według kryteriów I. Dynowskiej  
 Table 1. Hydrological parameters in the designated types of regime in the supervised approach according to the criteria by I. Dynowska

| Typ reżimu | Liczebność profili | Parametr | Odpływ $H$ [-] | $C_v Q_{dob}$ [-] | Miesięczne współczynniki przepływu |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|--------------------|----------|----------------|-------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            |                    |          |                |                   | XI                                 | XII   | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     |       |
| 1          | 54                 | śr.      | 273,6          | 0,390             | 102,8                              | 109,6 | 111,9 | 113,9 | 120,6 | 111,9 | 96,8  | 86,6  | 85,5  | 81,9  | 86,4  | 93,0  |       |
|            |                    | maks.    | 578,2          | 0,881             | 119,5                              | 125,1 | 124,4 | 129,4 | 129,4 | 129,9 | 129,4 | 112,3 | 100,1 | 99,7  | 97,0  | 96,6  | 116,6 |
|            |                    | min.     | 135,7          | 0,235             | 87,7                               | 89,1  | 93,2  | 95,9  | 107,4 | 97,3  | 85,2  | 74,9  | 68,8  | 70,0  | 74,8  | 79,7  |       |
| 2          | 185                | $C_v$    | 0,336          | 0,396             | 0,071                              | 0,073 | 0,062 | 0,055 | 0,047 | 0,068 | 0,071 | 0,076 | 0,082 | 0,084 | 0,066 | 0,067 |       |
|            |                    | śr.      | 195,7          | 0,802             | 92,7                               | 108,3 | 116,4 | 124,8 | 152,0 | 135,4 | 95,7  | 77,3  | 76,3  | 70,9  | 70,9  | 81,0  |       |
|            |                    | maks.    | 799,1          | 1,700             | 118,9                              | 138,2 | 150,9 | 157,8 | 179,9 | 179,8 | 132,3 | 106,4 | 99,7  | 94,6  | 90,1  | 151,7 |       |
| 3          | 99                 | min.     | 93,8           | 0,353             | 72,7                               | 85,0  | 89,6  | 89,5  | 119,1 | 100,3 | 62,4  | 40,4  | 47,0  | 45,3  | 46,3  | 52,8  |       |
|            |                    | $C_v$    | 0,452          | 0,349             | 0,099                              | 0,097 | 0,109 | 0,103 | 0,095 | 0,126 | 0,124 | 0,141 | 0,156 | 0,165 | 0,122 | 0,170 |       |
|            |                    | śr.      | 156,3          | 1,201             | 88,5                               | 112,3 | 123,9 | 137,3 | 191,2 | 159,3 | 88,6  | 62,2  | 60,9  | 53,8  | 54,9  | 69,6  |       |
| 4          | 154                | maks.    | 967,9          | 2,107             | 122,4                              | 154,9 | 164,8 | 189,3 | 281,9 | 211,5 | 160,1 | 96,9  | 94,2  | 80,3  | 77,4  | 120,2 |       |
|            |                    | min.     | 59,3           | 0,653             | 51,1                               | 83,4  | 84,9  | 72,0  | 122,4 | 116,5 | 58,8  | 30,8  | 39,4  | 31,2  | 36,1  | 40,3  |       |
|            |                    | $C_v$    | 0,661          | 0,267             | 0,148                              | 0,120 | 0,148 | 0,175 | 0,133 | 0,158 | 0,207 | 0,196 | 0,216 | 0,201 | 0,162 | 0,189 |       |
| 5          | 24                 | śr.      | 431,4          | 1,452             | 74,7                               | 86,2  | 85,9  | 94,3  | 144,8 | 145,2 | 110,5 | 106,8 | 114,5 | 86,8  | 80,0  | 70,1  |       |
|            |                    | maks.    | 1045,7         | 2,701             | 97,1                               | 115,6 | 119,3 | 135,7 | 197,3 | 228,0 | 181,5 | 167,3 | 154,2 | 128,4 | 103,3 | 112,4 |       |
|            |                    | min.     | 79,7           | 0,307             | 55,3                               | 51,0  | 42,4  | 41,7  | 65,9  | 90,1  | 78,3  | 69,3  | 87,4  | 48,9  | 59,0  | 53,1  |       |
| 5          | 24                 | $C_v$    | 0,480          | 0,324             | 0,124                              | 0,128 | 0,167 | 0,156 | 0,149 | 0,176 | 0,131 | 0,159 | 0,099 | 0,186 | 0,133 | 0,153 |       |
|            |                    | śr.      | 620,2          | 1,640             | 62,8                               | 62,3  | 58,0  | 62,9  | 106,9 | 133,3 | 144,9 | 149,4 | 148,4 | 107,6 | 90,3  | 70,9  |       |
|            |                    | maks.    | 1591,6         | 3,671             | 73,6                               | 85,1  | 90,9  | 110,8 | 173,6 | 150,9 | 233,8 | 222,6 | 180,2 | 128,4 | 110,2 | 84,4  |       |
| 5          | 24                 | min.     | 260,1          | 1,021             | 50,5                               | 36,5  | 25,2  | 22,4  | 27,1  | 90,1  | 98,2  | 91,4  | 128,0 | 70,8  | 61,8  | 54,2  |       |
|            |                    | $C_v$    | 0,587          | 0,494             | 0,085                              | 0,198 | 0,275 | 0,332 | 0,303 | 0,128 | 0,212 | 0,176 | 0,088 | 0,124 | 0,142 | 0,105 |       |



Tabela 2. Parametry cech hydrologicznych w wyróżnionych typach reżimu według grupowania miesięcznych współczynników przepływu  
 Table 2. Hydrological parameters in the designated types of regime in the unsupervised approach according to the grouping of monthly flow coefficients

| Typ reżimu | Liczba-<br>ność<br>profilii<br>N | Parametr | Odptyw<br>H<br>[-] | Cv    | Q <sub>dob</sub><br>[-] | Miesięczne współczynniki przepływu |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |
|------------|----------------------------------|----------|--------------------|-------|-------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
|            |                                  |          |                    |       |                         | XI                                 | XII   | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X |
| 1          | 69                               | śr.      | 279,3              | 0,596 | 99,2                    | 104,4                              | 107,2 | 110,6 | 122,1 | 108,8 | 96,5  | 90,5  | 92,6  | 86,4  | 88,7  | 93,7  |   |
|            |                                  | maks.    | 826,2              | 2,026 | 119,5                   | 122,9                              | 124,4 | 120,0 | 141,9 | 129,4 | 111,8 | 114,2 | 117,6 | 104,2 | 101,6 | 116,6 |   |
|            |                                  | min.     | 79,7               | 0,235 | 75,6                    | 85,0                               | 89,5  | 94,0  | 106,0 | 90,1  | 78,7  | 72,1  | 72,5  | 67,4  | 80,1  | 78,5  |   |
| 2          | 139                              | Cv       | 0,438              | 0,641 | 0,095                   | 0,088                              | 0,073 | 0,055 | 0,070 | 0,061 | 0,068 | 0,094 | 0,109 | 0,082 | 0,050 | 0,074 |   |
|            |                                  | śr.      | 221,4              | 0,918 | 89,5                    | 106,4                              | 113,4 | 121,8 | 151,4 | 130,1 | 95,9  | 80,3  | 85,0  | 77,3  | 72,7  | 77,6  |   |
|            |                                  | maks.    | 552,7              | 2,701 | 113,2                   | 127,5                              | 139,4 | 145,7 | 214,1 | 171,0 | 122,6 | 98,6  | 126,7 | 128,4 | 83,4  | 102,2 |   |
| 3          | 146                              | min.     | 93,7               | 0,280 | 65,4                    | 87,0                               | 91,5  | 93,4  | 118,0 | 102,9 | 78,3  | 61,1  | 54,3  | 55,7  | 56,2  | 54,4  |   |
|            |                                  | Cv       | 0,440              | 0,540 | 0,104                   | 0,078                              | 0,080 | 0,075 | 0,124 | 0,095 | 0,082 | 0,088 | 0,152 | 0,155 | 0,076 | 0,121 |   |
|            |                                  | śr.      | 152,3              | 1,029 | 92,8                    | 115,0                              | 126,4 | 137,5 | 179,2 | 152,8 | 88,0  | 62,7  | 60,0  | 54,9  | 58,0  | 75,1  |   |
| 4          | 143                              | maks.    | 444,7              | 2,100 | 122,4                   | 154,9                              | 164,8 | 189,3 | 281,9 | 211,5 | 144,9 | 85,7  | 94,2  | 83,5  | 90,1  | 151,7 |   |
|            |                                  | min.     | 59,3               | 0,500 | 51,1                    | 83,4                               | 96,3  | 93,2  | 136,0 | 100,3 | 58,8  | 30,8  | 39,4  | 31,2  | 36,1  | 40,3  |   |
|            |                                  | Cv       | 0,367              | 0,291 | 0,136                   | 0,101                              | 0,123 | 0,148 | 0,148 | 0,161 | 0,185 | 0,168 | 0,160 | 0,189 | 0,185 | 0,242 |   |
| 5          | 19                               | śr.      | 433,4              | 1,463 | 73,3                    | 84,0                               | 83,4  | 92,6  | 146,5 | 153,4 | 114,0 | 109,0 | 112,9 | 83,9  | 78,5  | 68,2  |   |
|            |                                  | maks.    | 1045,7             | 3,671 | 91,8                    | 107,7                              | 108,9 | 124,9 | 197,3 | 228,0 | 160,1 | 176,3 | 152,1 | 124,9 | 102,5 | 89,9  |   |
|            |                                  | min.     | 110,2              | 0,508 | 50,5                    | 61,5                               | 51,4  | 59,1  | 100,0 | 99,5  | 92,7  | 77,6  | 70,8  | 48,9  | 59,0  | 53,1  |   |
| 5          | 19                               | Cv       | 0,494              | 0,391 | 0,116                   | 0,093                              | 0,136 | 0,139 | 0,137 | 0,140 | 0,095 | 0,149 | 0,145 | 0,189 | 0,130 | 0,113 |   |
|            |                                  | śr.      | 711,7              | 1,221 | 62,0                    | 54,7                               | 48,9  | 51,5  | 96,5  | 136,8 | 160,2 | 158,3 | 149,8 | 110,6 | 93,8  | 73,8  |   |
|            |                                  | maks.    | 1591,6             | 1,460 | 68,7                    | 63,9                               | 64,3  | 71,7  | 129,8 | 155,9 | 233,8 | 222,6 | 180,2 | 128,4 | 110,2 | 84,4  |   |
| 5          | 19                               | min.     | 364,0              | 1,021 | 55,1                    | 36,5                               | 25,2  | 22,4  | 27,1  | 90,1  | 145,4 | 145,6 | 133,8 | 96,5  | 74,5  | 65,2  |   |
|            |                                  | Cv       | 0,536              | 0,084 | 0,042                   | 0,106                              | 0,175 | 0,233 | 0,305 | 0,130 | 0,151 | 0,118 | 0,095 | 0,084 | 0,127 | 0,068 |   |

nością przepływów rocznych. Rzeki te jednocześnie charakteryzują się zazwyczaj bardzo małym zasilaniem podziemnym (poniżej 40%) (Wrzesiński 2013). W podejściu nienadzorowanym do reżimu niwalnego silnie wykształconego zaliczono znacznie więcej profili, tj. 146 (28,3%). W porównaniu z podejściem nadzorowanym ten typ reżimu zidentyfikowano dodatkowo głównie na rzekach w północnej i środkowej części kraju. Typ ten reprezentują m.in.: Ina, Płonia, Nizica, Czarna i Głomia w zlewni Gwdy, Osa, Skrwa, Wkra, Orzyc, Rozoga, Elk, Gołdapa, Barycz i Prosna. Do grupy tej nie zaliczono rzek Wyżyny Kielecko-Sandomierskiej. Rzeki wyróżnione w obu podejściach mają podobne wartości średnich odpływów (156 mm i 152 mm) i niemal identyczny przebieg oraz zakres zmian miesięcznych współczynników przepływu w cyklu rocznym. Jedynie w marcu w podejściu nadzorowanym jego wartość jest o 12% wyższa niż w podejściu nienadzorowanym.

**Typ 4 – reżim niwalno-pluwialny** w podejściu nadzorowanym zidentyfikowano w przypadku 154 profili (29,8%). Typ ten reprezentują rzeki sudeckie i większość karpaccich oraz tranzytowa Wisła aż po Puławy, której reżim na tym odcinku kształtują karpaccie dopływy. Rzeki te charakteryzują się dużą rozpiętością odpływów rocznych, tj. od 100 mm (Psina, Biała, Stradunia – lewe dopływy górnej Odry, Oława i Ślęza na Dolnym Śląsku) do ponad 800 mm (górną Wisła, Żylica w Beskidzie Śląskim, Żabniczanka w Beskidzie Żywieckim oraz Solinka, Wołosaty – dopływy Sanu w Bieszczadach Zachodnich). Rzeki te wyróżnia niewielki udział zasilania podziemnego w odpływie całkowitym (20–40%) i duża rozpiętość zmienności przepływów dobowych, od  $C_v < 1,0$  w dolnych odcinkach rzek górskich do  $C_v > 2,0$  w odcinkach górnych (Wrzesiński 2013). W podejściu nienadzorowanym ten typ reżimu reprezentują 143 profile (27,7%). W porównaniu z podejściem nadzorowanym nie należą do niego niektóre rzeki sudeckie zaliczone do 2 typu reżimu. W tym podejściu typ 4 reżimu na całej długości reprezentują Odra oraz Wisła z Bugiem. W obu podejściach średni odpływ jest zbliżony i wynosi odpowiednio: 431 mm i 433 mm. Także wartości, zakres zmian i przebieg miesięcznych współczynników jest podobny, a różnica dotyczy tylko kwietnia. W podejściu nadzorowanym średnia wartość tego współczynnika dla marca i kwietnia wynosi 145%, a w podejściu nienadzorowanym w marcu jego wartość jest podobna, a w kwietniu wyższa i wynosi 153%.

**Typ 5 – reżim pluwialno-niwalny** w podejściu nadzorowanym występuje w przypadku 24 profili (4,6%). Prawidłowość taką w Sudetach wykazuje w swym środkowym i dolnym biegu Nysa Kłodzka oraz Prudnik, a w Karpatkach głównie rzeki w dorzeczu Dunajca. Rzeki o tym typie reżimu wyróżniają się w skali kraju najwyższymi odpływami. Dla potoków górskich odpływ wynosi ponad 1000 mm (Czarny Dunajec, Wołosaty), a nawet ponad 1500 mm (Potok Kościeliski, Białka w Łysej Polanie). Na odpływ ten składa się głównie odpływ powierzchniowy, a udział zasilania podziemnego jest z regu-

ły niższy niż 40%. Zazwyczaj rzeki o tym reżimie wyróżniają się największą zmiennością przepływów dobowych (Wrzesiński 2013). W podejściu nienadzorowanym ten typ reżimu zidentyfikowano na 19 profilach (3,7%). Z wyjątkiem Nysy Kłodzkiej i Prudnika należą do niego te same rzeki, które wyróżniono w podejściu nadzorowanym, a także Poprad na całej długości. W obu podejściach przebieg miesięcznych współczynników przepływu jest podobny z maksimum od maja do lipca w wysokości  $W = 150\%$ . Jednak zakres zmian jego wartości, zwłaszcza w miesiącach letnich, jest różny – większy w podejściu nadzorowanym.

## PODSUMOWANIE

W pracy porównano typologię reżimu rzek w Polsce uzyskaną z wykorzystaniem podejścia nadzorowanego, tj. klasycznej typologii według założeń Dynowskiej z typologią reżimu uzyskaną w podejściu nienadzorowanym drogą grupowania hierarchicznego. W obu przypadkach zmiennymi objaśniającymi były miesięczne współczynniki przepływu; w pierwszym przypadku z miesięcy wiosennych i letnich, przy założonych wartościach granicznych, a w drugim przypadku z 12 miesięcy. Na wynik grupowania w podejściu nienadzorowanym wpływa przyjęty poziom grupowania. W pracy założono taki poziom grupowania, który pozwolił na podział na pięć grup (typów reżimu), analogicznie jak w typologii według założeń Dynowskiej. W obu podejściach rzeki w wyróżnionych typach reżimu charakteryzują się podobnym rozkładem i zakresem zmian odpływów miesięcznych w przeciętnym cyklu rocznym. Wyróżnione grupy rzek reprezentujące te same typy reżimu różnią się jednak liczebnością, co ma konsekwencje w nieco odmiennym obrazie ich przestrzennego rozmieszczenia. Z analizy wynika, że bez względu na przyjętą metodę wyróżniania typów reżimu dwa typy charakteryzują się wyraźnie odmiennymi prawidłowościami zmienności przepływów w przeciętnym cyklu rocznym. Dotyczy to reżimu niwalnego słabo wykształconego i reżimu pluwialno-niwalnego. Rzeki o tych typach reżimu reprezentują też jednoznacznie wyróżniające się regiony fizycznogeograficzne. Przy czym w przypadku reżimu niwalnego słabo wykształconego uwarunkowania cech reżimu wynikają nie tylko z warunków naturalnych środowiska przyrodniczego (rzeki pojezierne i przymorskie), ale także z działalności człowieka (rzeki regionu śląskiego). Zaproponowana przez Dynowską (1997) prosta typologia reżimu rzek w Polsce, pomimo intuicyjnych założeń i kryteriów, wydaje się uniwersalna i właściwie odzwierciedlająca zasadnicze prawidłowości odpływu rzek w przeciętnym cyklu rocznym.

## LITERATURA

- Dębski K., 1970: *Hydrologia*, Arkady, Warszawa.
- Dynowska I., 1971: *Typy reżimów rzecznych w Polsce*, Zesz. Nauk. UJ, CCLXVIII, Pr. Geogr., 28, 150.
- Dynowska I., 1997: *Reżim odpływu rzecznego*, [w:] *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*, Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- Dynowska I., Pociask-Karteczka J., 1999: *Obieg wody*, [w:] L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko Przyrodnicze*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 343–373.
- Krasovskaia I., Gottshalk L., 2002: *River flow regimes in a changing climate*, *Hydrol., Sc. J.*, 47(4), 597–609.
- Rotnicka J., 1988: *Taksonomiczne podstawy klasyfikacji reżimu rzecznego (na przykładzie zlewni Odry i rzek Przymorza)*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Wrzesiński D., 2013: *Entropia odpływu rzek w Polsce*, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Wrzesiński D., 2017: *Reżimy rzeczne*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 215–221.