

## ZRÓŻNICOWANIE REŻIMU ODPŁYWU RZEK W PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ POLSCE

DARIUSZ WRZESIŃSKI, ADAM BRYCHCZYŃSKI

Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej,  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,  
ul. Dziegiełowa 27, 61-680 Poznań

**Abstract:** This paper seeks to identify features of the flow regime of rivers in north–western Poland in terms of runoff, structure, as well as temporal and spatial variability. The analysis was performed on the basis of hydrometric data of the Institute of Meteorology and Water Management from the years 1951–2010 coming from 46 gauging stations located on 33 rivers. The research embraced coastal rivers and lakeland tributaries of the Oder, Noteć and Vistula. In hydrological terms, this area is characterised by wide differences in flow conditions, as indicated by both, very great and very low water abundance. As a result, those rivers have different regime features, and on the basis of regularities in their flow variability they can be classified into 3 varieties of the nival hydrological regime. The rivers in this area display exceptional differences in total runoff, from the lowest values in the entire country (under 100 mm, the upper Noteć basin), to very high, the highest in the lowland part of Poland (over 300, and in the case of the Radunia even over 400 mm). They also show wide differences in their groundwater flow and its contribution to total runoff. For many coastal rivers this figure exceeds 80%, the highest in the country. Another of their characteristics is the lowest variability of discharges, especially annual ones. Also notable are the distinctly greater water abundance, higher groundwater flow and its share in total runoff, as well as lower variability of yearly discharges of streams in the eastern part of the coastal region than in its western area.

**Keywords:** river runoff, hydrological regime, Poland

### WSTĘP

Ze względu na zmiany i zmienność warunków klimatycznych oraz zaznaczający się wpływ człowieka na obieg wody ważnym zagadnieniem staje się prawidłowe rozpoznanie cech reżimu hydrologicznego, zwłaszcza w zakresie stabilności reżimu odpływu. Szczególnie istotny jest problem sezonowości odpływu rzecznego, dostępności i wielkości zasobów wodnych, ich trwałości oraz przewidywalności. Ocena stabilności cech reżimu odpływu jest ważna nie tylko z naukowego punktu widzenia, ale także ze względu na możliwe do wystąpienia gospodarcze, ekonomiczne i społeczne konsekwencje jego destabilizacji. W tym kontekście reżim odpływu jest przydatnym narzędziem do identyfikacji przestrzennych oraz czasowych zmian wysokości i sezonowości odpływu, jak i do ustalenia obecnych, a także przyszłych deficytów wody. Celem pracy jest identyfikacja cech reżimu hydrologicznego rzek w północno-zachodniej części

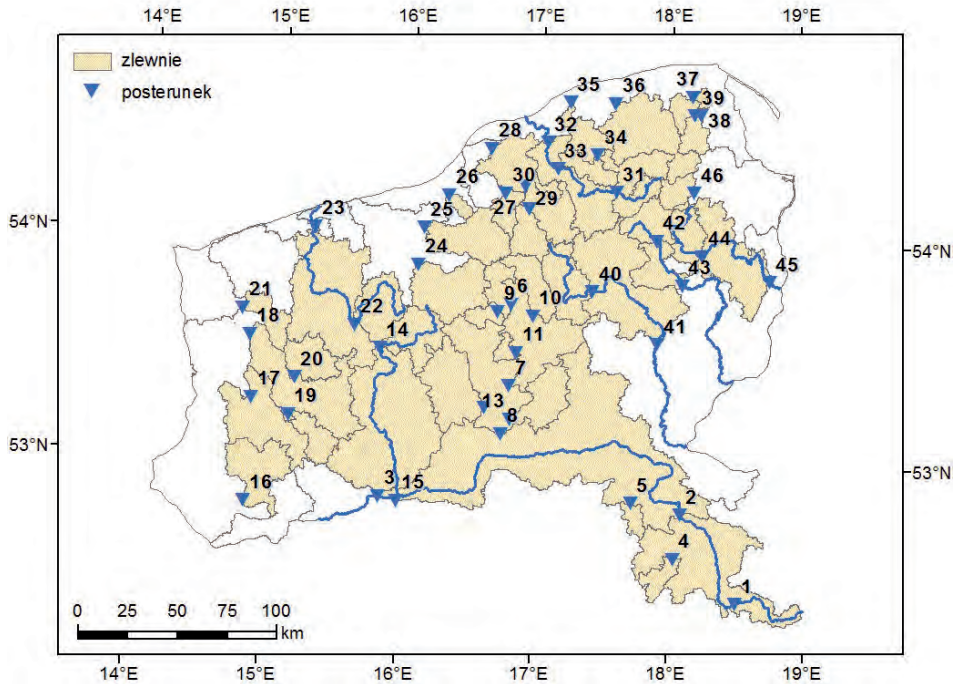
Polski w zakresie wielkości odpływu, jego struktury oraz czasowej i przestrzennej zmienności.

## OBSZAR BADAŃ I MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Przeanalizowano rzeki północno-zachodniej części kraju, obszaru o stosunkowo niewielkiej powierzchni i dużym zróżnicowaniu warunków środowiskowych. Dotyczy to zarówno genezy rzeźby, ukształtowania powierzchni terenu, klimatu, o czym świadczy wyróżnienie przez Wosia (2010) 11 regionów klimatycznych, jak i warunków odpływu rzek. Badaniami objęto rzeki Przymorza oraz pojezierne dopływy Odry, Noteci i Wisły. Obszar ten pod względem hydrologicznym charakteryzuje duże zróżnicowanie warunków odpływu, na co wskazują zarówno bardzo wysokie (rzeki Przymorza), jak i niskie (górna Notec) zasoby wodne. Uwarunkowania środowiskowe odpływu, które w istotny sposób wpływają na warunki zasilania i jego sezonowość, decydują o odmiennych cechach reżimu, a ich prawidłowości zmienności, według Dynowskiej, można zakwalifikować do trzech głównych typów reżimu niwalnego: słabo, średnio i silnie wykształconego (*Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*, 1997).

Cel pracy i związane z nim badania wymagały zgromadzenia oraz wyselekcjonowania odpowiedniego materiału źródłowego. W badaniach hydrologicznych istotna jest długość serii danych pomiarowych i ich reprezentatywność. Poszukiwane są jak najdłuższe ciągi danych, z możliwie dużej liczby stanowisk pomiarowych. W celu uzyskania jak najlepszego pokrycia badanego obszaru danymi posłużono się ciągami pomiarowymi o różnych długościach. Na różnych etapach pracy wykorzystano codzienne i miesięczne wartości przepływów z 46 posterunków na 33 rzekach północno-zachodniej Polski (ryc. 1, tab. 1). Dane hydrometryczne uzyskano z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Prawie połowa (48%) wytypowanych do analizy posterunków zamyka zlewnie o powierzchni poniżej 500 km<sup>2</sup>. Najmniejsza zlewnia Piaśnicy ma powierzchnię tylko 47 km<sup>2</sup>, największa natomiast jest zlewnia Noteci o powierzchni 15 970 km<sup>2</sup>. Długość ciągów pomiarowych jest także zróżnicowana, dane pochodziły jednak z jednego wielolecia (1951–2010). Największy udział (40%) mają ciągi o długości 50 lat z lat 1961–2010. Niewiele mniejszy udział (35%) mają profile z seriami o długości 60 lat. Pozostałe 25% stanowią profile o stosunkowo krótkich, do 40 lat, seriach danych (Głomia – 30 lat). Praca jest kontynuacją badań nad reżimem odpływu rzek w Polsce prowadzonych przez autora (Wrzesiński 2013), a uzyskane wyniki pozwoliły na uszczegółowienie problematyki odpływu rzek w północno-zachodniej części kraju.



Ryc. 1. Lokalizacja zlewni i posterunków wodowskazowych  
Numeracja posterunków zgodna z tabelą

Fig. 1. Locations of catchments and gauge stations  
The numeration as for Table

## METODY BADAŃ

W pracy zastosowano różnorodne metody badań, od statystycznych po graficzne metody prezentacji uzyskanych wyników. Rozwiązanie postawionego problemu badawczego było możliwe dzięki wykorzystaniu wielu metod. Do charakterystyki cech reżimu odpływu zastosowano miary powszechnie używane w pracach hydrologicznych. Wysokość odpływu całkowitego przedstawiono za pomocą wskaźnika odpływu  $H$  [mm], stąd uzasadniona była metoda prezentacji graficznej w postaci kartogramu w układzie zlewniowym. Do oceny struktury odpływu wykorzystano grupę prostszych metod obliczania przeciętnych wartości odpływu podziemnego, opartych na przepływach charakterystycznych. Średnią wartość odpływu podziemnego obliczono jako medianę ze zlinearyzowanych wartości minimów miesięcznych, uporządkowanych w rosnący szereg (Kille 1970). W ten sposób, zdaniem autora, eliminuje się z odpływu podziemnego pewną objętość wód pochodzących z zasilania podpowierzchniowego.

Tabela 1. Spis posterunków wodowskazowych oraz cechy reżimu odpływu badanych rzek  
Table 1. List of gauge stations and flow regime characteristics

Lp.	Rzeka	Posterunek	Powierzchnia zlewni A [km <sup>2</sup> ]	Zakres czasowy danych	Odpływ całkowity H [mm]	Odpływ podziemny bazowy		Odpływ podziemny [%]	Zmienność przepływów (Cv)			Nieregularność przepływów		
						[mm]	[%]		dość	rok	min.		max	
1.	Noteć	Łysek	306	1961–2010	89	17	19,0	43	48,7	1,111	0,537	0,790	0,704	11100
2.	Noteć	Pakość	1620	1951–2010	110	34	31,2	67	61,0	0,938	0,545	0,510	0,784	131
3.	Noteć	Nowe Drezdenko	15970	1951–2010	144	80	55,2	112	77,6	0,391	0,209	0,212	0,261	8,78
4.	Noteć Zach.	Gębice	182	1951–2010	109	29	26,2	64	58,9	0,818	0,470	0,700	0,638	393
5.	Gąsawka	Żnin	148	1951–2010	116	29	24,7	68	59,0	0,903	0,498	0,744	0,637	1713
6.	Gwda	Gwda Wielka	426	1971–2010	259	117	45,1	205	79,2	0,525	0,282	0,259	0,363	23,2
7.	Gwda	Plusza	2052	1951–2009	174	78	44,8	119	68,4	0,372	0,174	0,215	0,284	16,8
8.	Gwda	Piła	4704	1951–2010	181	96	53,3	134	74,2	0,350	0,168	0,223	0,269	11,4
9.	Nizica	Szczecinek	161	1961–2010	165	43	25,8	104	62,9	0,750	0,319	0,493	0,384	2280
10.	Czernica	Czarne	411	1971–2010	211	109	51,8	147	69,9	0,597	0,270	0,191	0,487	18,4
11.	Czarna	Okonek	104	1971–2010	113	28	24,8	61	53,5	0,993	0,331	0,440	0,648	209
12.	Dobrzyca	Wiesiółka	892	1961–2010	161	95	58,8	132	81,8	0,391	0,200	0,211	0,409	11,1
13.	Głomia	Dobrzyca	569	1971–2001	157	50	31,8	95	60,4	0,717	0,272	0,379	0,553	164
14.	Drawa	Drawsko Pomorskie	609	1951–2010	215	86	39,9	152	70,9	0,589	0,252	0,413	0,318	49,7
15.	Drawa	Drawiny	3298	1961–2010	205	128	62,4	182	88,8	0,281	0,123	0,193	0,236	6,45
16.	Mysia	Dolsk	765	1961–2010	93	24	25,7	59	63,1	0,766	0,375	0,572	0,466	84,0
17.	Plonia	Żelewo	999	1961–2010	98	39	39,9	67	68,0	0,732	0,452	0,591	0,536	118
18.	Ina	Goleniów	2163	1951–2010	190	84	44,6	131	69,3	0,607	0,277	0,439	0,404	44,5
19.	Mała Ina	Morzyca	330	1961–2010	101	22	21,8	55	54,4	0,789	0,283	0,576	0,370	236
20.	Krapiel	Gogolewo	472	1961–2010	205	38	18,8	94	45,7	0,950	0,321	0,631	0,390	535
21.	Gowienica	Widziensko	324	1971–2010	192	59	30,8	109	56,9	0,799	0,325	0,412	0,395	50,7

22.	Rega	Łobez	609	1961–2010	240	123	51,2	171	71,2	0,467	0,180	0,190	0,313	16,6
23.	Rega	Trzebiatów	2628	1951–2010	244	112	45,9	160	65,6	0,496	0,189	0,173	0,261	13,7
24.	Parsęta	Tychówko	896	1951–2010	292	142	48,4	191	65,5	0,579	0,157	0,152	0,342	25,7
25.	Radew	Biłogórzyno	807	1971–2010	306	182	59,4	229	74,6	0,337	0,124	0,122	0,246	9,49
26.	Unieść	Sianów	87,7	1971–2010	428	254	59,2	334	78,1	0,360	0,146	0,173	0,490	20,4
27.	Wieprza	Korzybie	860	1961–2010	332	220	66,2	276	83,2	0,254	0,093	0,146	0,212	8,48
28.	Wieprza	Stary Kraków	1519	1951–2010	328	193	58,7	245	74,7	0,409	0,151	0,179	0,272	13,4
29.	Studnica	Ciecholub	316	1961–2010	363	244	67,2	294	81,1	0,288	0,115	0,141	0,221	7,22
30.	Grabowa	Krag	226	1961–2010	386	276	71,4	328	84,9	0,264	0,123	0,186	0,238	13,9
31.	Stupia	Soszyca	276	1971–2010	345	221	64,0	291	84,5	0,285	0,140	0,185	0,244	6,60
32.	Stupia	Slupsk	1450	1951–2010	341	189	55,6	244	71,5	0,290	0,108	0,162	0,210	11,7
33.	Skotawa	Skarszów Dolny	262	1971–2010	365	233	64,0	302	82,7	0,235	0,128	0,196	0,361	11,3
34.	Łupawa	Łupawa	441	1961–2010	323	200	61,9	259	80,3	0,309	0,150	0,194	0,318	18,2
35.	Łupawa	Smoldzino	805	1951–2010	326	206	63,1	275	84,3	0,261	0,132	0,200	0,323	12,6
36.	Łeba	Cecenowo	1120	1961–2010	331	192	58,2	256	77,4	0,363	0,117	0,175	0,225	10,5
37.	Piaśnica	Warszkowski Młyn	43	1971–2010	96	40	41,9	59	61,1	0,610	0,241	0,429	0,460	149
38.	Reda	Wejherowo	395	1961–2010	346	167	48,2	244	70,3	0,438	0,117	0,224	0,242	27,3
39.	Bolszewka	Bolszewo	221	1971–2010	258	117	45,5	170	65,8	0,592	0,175	0,282	0,342	43,0
40.	Brdą	Ciecholewy	657	1961–2010	297	188	63,3	265	89,0	0,256	0,134	0,191	0,205	6,86
41.	Brdą	Tuchola	2462	1951–2010	249	144	57,9	208	83,4	0,253	0,111	0,142	0,198	6,65
42.	Wda	Wawrzynowo	421	1971–2010	230	151	65,8	199	86,4	0,250	0,143	0,151	0,187	5,01
43.	Wda	Czarna Woda	940	1951–2010	213	126	59,2	175	82,1	0,301	0,156	0,259	0,232	9,30
44.	Wierzyca	Bożepole Szlacheckie	402	1961–2010	225	112	50,0	173	77,2	0,385	0,166	0,277	0,288	16,3
45.	Wierzyca	Brody Pomorskie	1544	1951–2010	178	89	50,0	127	71,3	0,506	0,191	0,190	0,350	20,1
46.	Radunia	Goręczyno	210	1961–2010	426	220	51,6	325	76,3	0,338	0,145	0,222	0,225	13,1

Obliczając średnią z minimalnych przepływów rocznych, określono przeciętną wartość zasilania podziemnego bazowego (długookresowego), pochodzącego z głębszych poziomów wodonośnych (Wundt 1953). W pracy obliczono także i przedstawiono w formie graficznej współczynnik zasilania podziemnego, rozumiany jako procentowy udział odpływu podziemnego w odpływie całkowitym.

Regionalne zróżnicowanie współczynnika zmienności przepływów dobowych, średnich rocznych oraz maksymalnych i minimalnych rocznych obliczono i przedstawiono w formie graficznej, stosując powszechnie znaną miarę zmienności przepływów ( $C_v$ ), wyrażoną stosunkiem odchylenia standardowego do średniej. Nieregularność przepływów natomiast określono jako iloraz absolutnego maksimum przepływu i absolutnego minimum przepływu w całym ciągu pomiarowym.

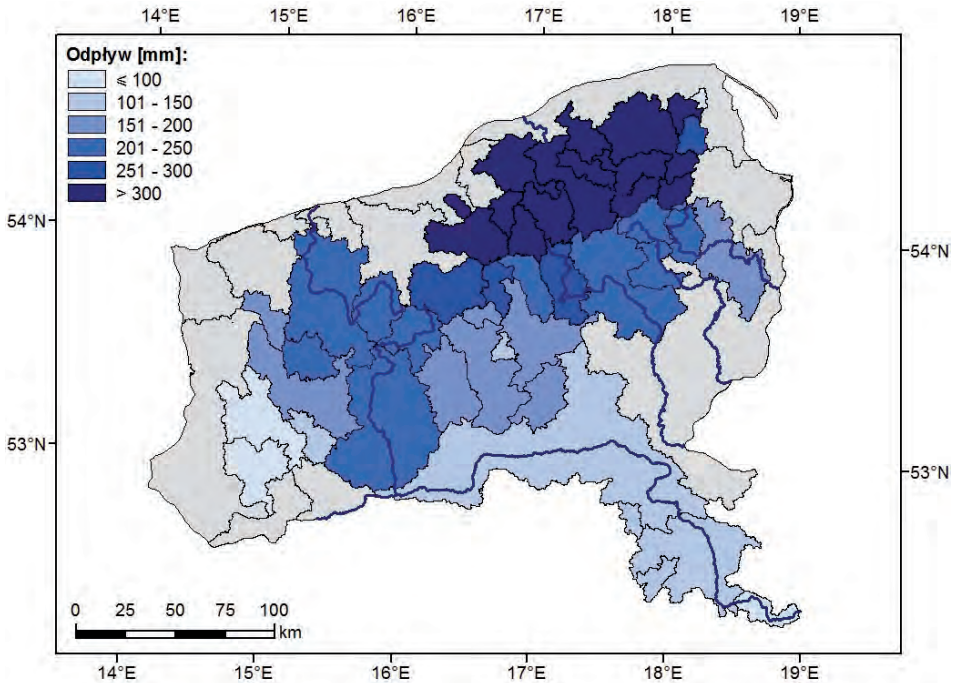
Typy reżimów rzek w Polsce przyjęto zgodnie z kryteriami Dynowskiej, aby możliwe było porównanie uzyskanych wyników z wcześniejszymi opracowaniami autorki zawartymi w *Atlasie Rzeczypospolitej Polskiej* (1997) oraz w pracy Dynowskiej i Pociask-Karteczki (1999).

W matematyczno-statystycznym opracowaniu danych źródłowych wykorzystano procedury statystyczne programu *Excel* firmy [Microsoft]. Natomiast przy realizacji strony graficznej skorzystano z programów *ArcGIS 10.0* [ESRI] oraz *CorelDRAW 12* [Corel].

## STRUKTURA ODPLYWU RZECZNEGO

Omawiany obszar charakteryzuje wyjątkowe zróżnicowanie wysokości odpływu (ryc. 2). Najwyższymi odpływami (powyżej 400 mm) wyróżniają się rzeki Przymorza (Radunia i Unieść), pozostałe rzeki wschodniej części Przymorza (Reda, Słupia, Łupawa, Łeba, Wieprza i Radew w dorzeczu górnej Parsęty) mają odpływ powyżej 300 mm. Zachodnia część Przymorza (dorzecze Regi) oraz Pojezierze Drawskie (Drawa, górny odcinek Gwdy) i Pojezierze Kaszubskie (górną Brdą) charakteryzują się średnim odpływem około 200–300 mm. Niższe wartości notowane są na obszarze Pojezierza Krajeńskiego (środkowy i dolny odcinek Gwdy). Najniższe odpływy zaś, nawet w skali całego kraju, poniżej 100 mm, obserwuje się na Kujawach (górną Noteć) oraz na Pojezierzu Myśliborskim (Myśla, Płonia).

Wahania odpływu rzeczne o charakterze sezonowym, zdeterminowane rocznym cyklem zmian zasilania, wskazują na odrębność zlewni we wschodniej części Przymorza. W porównaniu z rzekami zachodniej części Przymorza i dorzecza Noteci rzeki te charakteryzują się mniejszymi zasobami w sezonie zimowo-wiosennym. Wielkość ich zasobów w całym cyklu rocznym jest równomiernie rozłożona, o czym świadczy podobny rozkład odpływu we wszystkich porach roku. Potwierdza to istotne znaczenie warunków środowiska



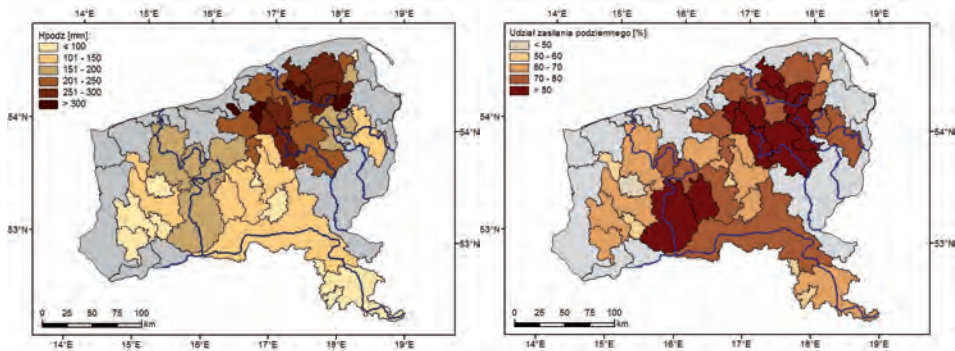
Ryc. 2 Średnie wartości wskaźnika odpływu z badanych rzek

Fig. 2. Average runoff coefficient values

fizycznogeograficznego zlewni w kształtowaniu lub modyfikowaniu cech reżimu odpływu.

Przestrzenne zróżnicowanie średniego odpływu podziemnego, podobnie jak odpływu całkowitego, charakteryzuje się regionalną zmiennością, uwarunkowaną zarówno cechami klimatu, jak i zasobnością wodną warstw wodonośnych potamicznych. Zasobność wodonośca wynika z wielkości zasilania opadowego, cech rzeźby terenu oraz litologii i przepuszczalności utworów powierzchniowych. Wielkość odpływu podziemnego zależy zatem nie tylko od warunków klimatycznych, ale także od zdolności retencyjnej skał wodonośnych i od głębokości erozyjnego wcięcia rzek w podłoże (Dynowska, Pociask-Karteczka 1999).

Cechą charakterystyczną zlewni rzek Przymorza i pojezierzy jest bardzo wysoki (> 200 mm) odpływ podziemny (ryc. 3, 4, tab. 1). Tak wysokie wartości obserwowane są jeszcze jedynie w zlewniach górskich i Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. W zlewni Raduni, Skotawy w dorzeczu Słupi i Grabowej w dorzeczu Wieprzy odpływ jest wyższy nawet od 300 mm. Również niektóre rzeki pojezierne cechuje wysoki (ponad 200 mm) odpływ podziemny (Brda). Na Kujawach natomiast lokalnie odpływy podziemne mogą osiągać wartości poniżej 50 mm. Na obszarach tych zasilanie podziemne z naturalnych przyczyn

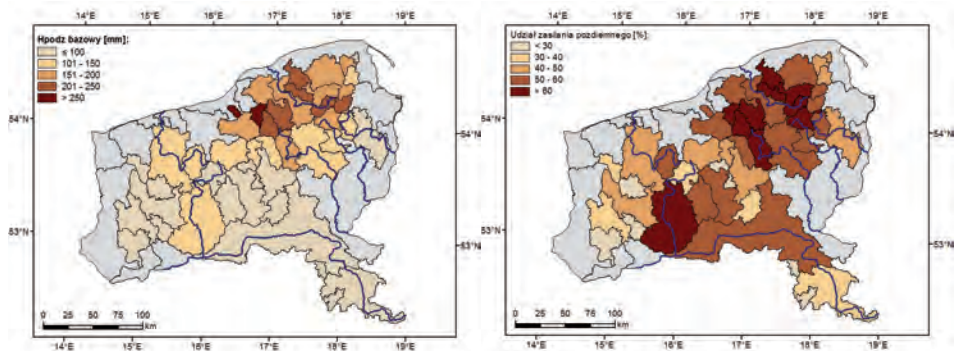


Ryc. 3. Wielkość odpływu podziemnego i jego udział w odpływie całkowitym  
 Fig. 3. Underground flow volume and its ratio in the total flow

klimatycznych jest najmniejsze. Notuje się tam najniższe sumy opadów atmosferycznych i duże starty wód na parowanie.

Udział odpływu podziemnego (zasilania podziemnego) w odpływie całkowitym jest istotną cechą reżimu odpływu rzek informującą o zdolności retencyjnej zlewni. Średnio dla całego kraju wynosi 55%, co oznacza, że w strukturze odpływu większą rolę odgrywa zasilanie podziemne niż powierzchniowe. Rzeki Przymorza i Pojezierza Pomorskiego, oprócz wyżyn zbudowanych ze skał węglanowych, charakteryzują się nawet ponad 80-procentowym udziałem odpływu podziemnego w odpływie całkowitym. Największym udziałem zasilania podziemnego (> 80%) odznaczają się rzeki Przymorza. Dotyczy to Słupi ze Skotawą, Łupawy, Wieprzy z Grabową i Studnicą, a na pojezierzu Drawy i Dobrzyca w dorzeczu Gwdy. Na specyficzną strukturę zasilania rzek Przymorza, z dominującą podziemną składową odpływu, wskazywali: Dynowska (1971), Orszynowicz (1973), Paszczyk (1975), Gutry-Korycka (1985), Tomaszewski (2001) i Bogdanowicz (2004). Przyczyn tej prawidłowości najczęściej upatruje się w występowaniu w zlewniach tych rzek licznych, o dużych powierzchniach obszarów endoreiczne (Drwal 1990), w dobrych warunkach infiltracyjnych w obrębie chłonnych obszarach bezodpływowych oraz w dużej miąższości silnie przepuszczalnych utworów powierzchniowych Stachy (1980). Najniższym udziałem (poniżej 50%) charakteryzują się zlewnie Pojezierza Kujawskiego (górną Noteć wraz z Gąsawką) oraz mniejsze zlewnie zachodniej części badanego obszaru (Krąpiel, Mała Ina, Gowienica). Zwraca uwagę podobny przestrzenny rozkład odpływu podziemnego bazowego (długookresowego). Największe zasilanie rzek z głębszych poziomów wodonośnych odnotowuje się na Grabowej (> 70%), w górnych odcinkach Brdy, Wdy, Wieprzy oraz w dorzeczu Drawy, Łupawy i Słupi (> 60%) – rycina 4.





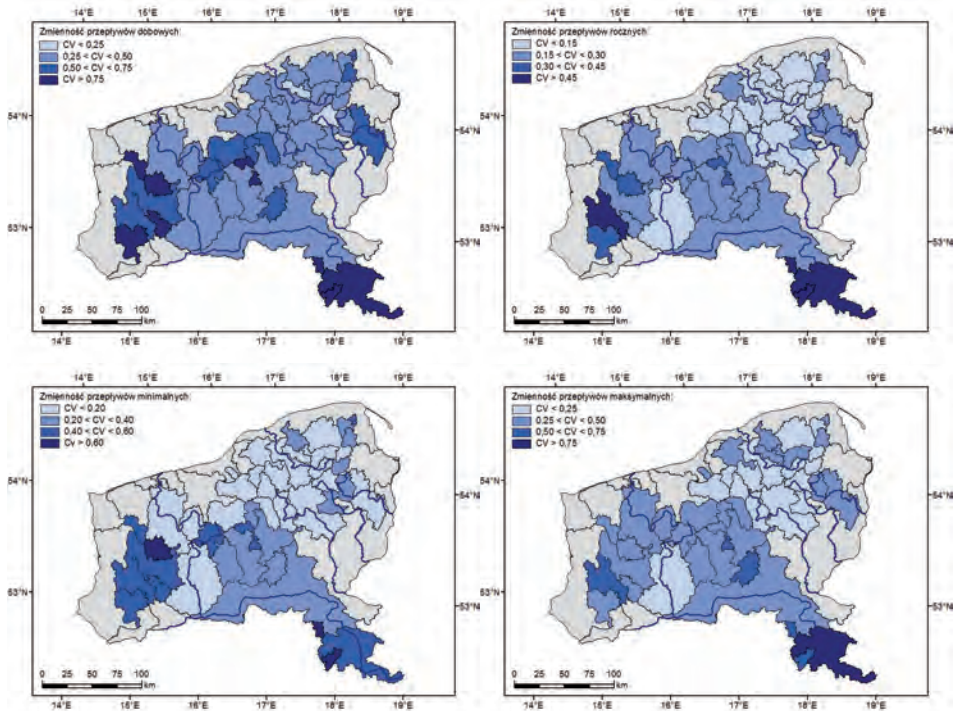
Ryc. 4. Wielkość bazowego odpływu podziemnego i jego udział w odpływie całkowitym

Fig. 4. Underground base flow volume and its ratio in the total flow

## ZMIENNOŚĆ PRZEPIŁYWÓW

Wśród miar charakteryzujących reżim odpływu istotny jest współczynnik zmienności przepływów. W pracy uwzględniono cztery miary zmienności, to jest przepływów dobowych oraz średnich, maksymalnych i minimalnych rocznych. Krótkookresowe zmiany wielkości odpływu mają charakter głównie sezonowy, wynikający z rocznego cyklu zmian wysokości i form zasilania. Ponadto, wysokość odpływu modyfikowana jest cechami środowiska geograficznego zlewni, przede wszystkim zdolnością retencyjną zarówno podsystemu powierzchniowego, jak i podziemnego zlewni.

Rzeki Przymorza i pojezierzy odznaczają się najmniejszą zmiennością przepływów dobowych ( $C_v < 0,5$ ) – rycina 5. Zdaniem Dynowskiej (1971) wpływają na to częste deszcze o małym natężeniu i nietrwałość pokrywy śnieżnej, a także duża zdolność infiltracji wody w przepuszczalne osady oraz występowanie licznych zagłębień bezodpływowych. Cechy reżimu odpływu rzek Przymorza, zarówno wielkość odpływu, jak i jego zmienność, są jednak zróżnicowane, na co wskazywał już Bogdanowicz (2009). Rzeki w zachodniej części (Parsęta, Rega i Ina) charakteryzują się mniejszymi odpływami i większą zmiennością przepływów niż rzeki w środkowej i wschodniej części Przymorza. Dominujące znaczenie w tym zróżnicowaniu odgrywa wielkość zasilania podziemnego. Według Tomaszewskiego (2001), w kształtowaniu wielkości odpływu podziemnego i jego zmienności na obszarze Pojezierza Pomorskiego większą rolę odgrywają warunki hydrogeologiczne niż klimatyczne. W zlewni Łupawy, charakteryzującej się dużą stabilnością przepływów, Bogdanowicz (2004) stwierdził największy udział podłoża o dobrych warunkach przepuszczalności, a najmniejszy w zlewni Iny, rzeki o wysokiej aktywności hydrologicznej. Problematiczne jest znaczenie zbiorników jeziornych w kształtowaniu cech reżimu odpływu rzek



Ryc. 5. Zmienność przepływów dobowych, średnich rocznych oraz maksymalnych i minimalnych rocznych

Fig. 5. Variability in daily flows, average yearly flows, and maximum and minimum yearly flows

Przymorza i pojezierzy. Zdaniem Marszelewskiego (2007) największe jeziora nie odgrywają istotnej roli w kształtowaniu odpływu rzecznego. Bogdanowicz (2004) stwierdził najniższą jeziorność zlewni Grabowej, charakteryzującej się największym udziałem zasilania bazowego i największą stabilnością odpływu całkowitego, co, zdaniem autora, wskazuje na to, że to nie jeziora są głównym czynnikiem kształtującym zmienność odpływu rzek Przymorza.

Znacznie mniejsza jest zmienność przepływów średnich rocznych (ryc. 5, tab. 1). Rzeki wschodniej części Przymorza i Pojezierza Kaszubskiego wyróżniają się, podobnie jak w przypadku zmienności przepływów dobowych, najmniejszą zmiennością średnich przepływów rocznych ( $C_v < 0,15$ ). W skali badanego obszaru najmniejszą zmiennością cechuje się Wieprza (Korzybie) –  $C_v = 0,093$ , Słupia (Słupsk) –  $C_v = 0,108$ , Brda (Tuchola) –  $C_v = 0,111$  i Reda (Wejherowo) –  $C_v = 0,117$ . Na zachód i południe badanego obszaru wzrasta zmienność przepływów rocznych. Pomorskie dopływy Noteci oraz rzeki w zachodniej części Przymorza odznaczają się średnimi wartościami zmienności przepływów rocznych ( $C_v = 0,200$ ). Zmienność przepływów rzek Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej natomiast przekracza 0,300 (Krapiel,

Myśla). Największą zmiennością przepływów rocznych ( $C_v > 0,500$ ) charakteryzują się rzeki w zlewni Noteci (Pakość, Łysek) na Pojezierzu Kujawskim.

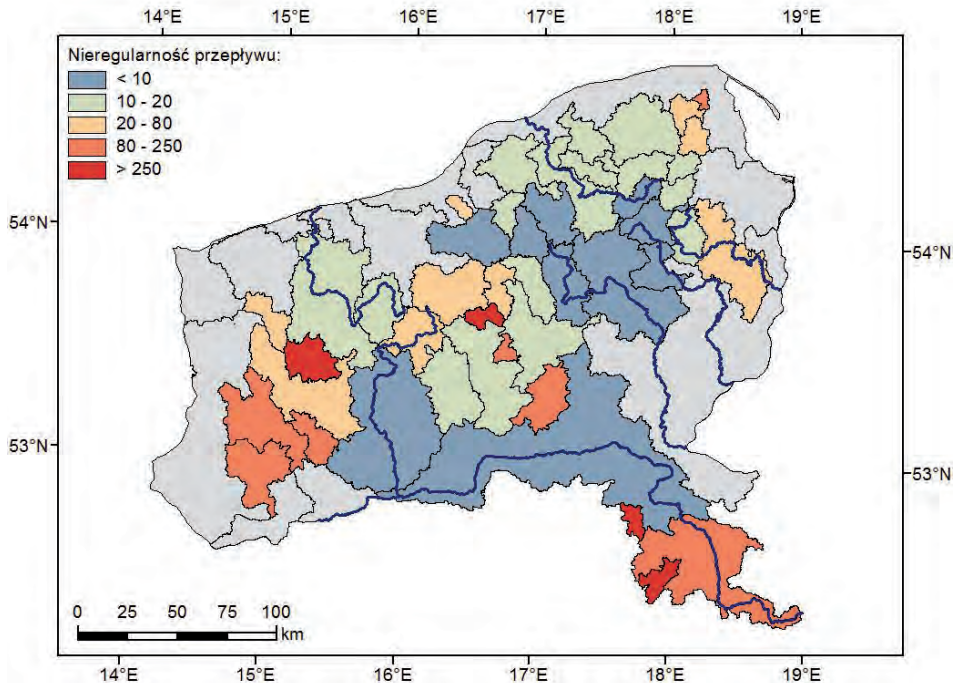
Zmienność przepływów maksymalnych rocznych jest większa, ale regionalnie mniej zróżnicowana (ryc. 5). Jednak także w przypadku tej cechy reżimu rzeki Pojezierza Kaszubskiego (górne odcinki Brdy i Wdy) oraz niektóre z rzek Przymorza (Łeba i Słupia) charakteryzują się najmniejszą zmiennością przepływów maksymalnych ( $C_v < 0,250$ ). Zdecydowana większość rzek badanego obszaru ma przeciętne wartości  $C_v$  (ok. 0,350), nie licząc pojedynczych rzek charakteryzujących się znacznie wyższymi wartościami: górna Noteć (Pakość –  $C_v = 0,780$ , Łysek –  $C_v = 0,700$ ), Czarna (Okonek) –  $C_v = 0,650$  i Głomia (Dobrzyca) –  $C_v = 0,550$  w dorzeczu Gwdy oraz Płonia (Żelewo) –  $C_v = 0,540$ .

Mniejszą zmienność wykazują przepływy minimalne roczne. Jednak w tym przypadku najmniej zmienne ( $C_v < 0,200$ ) są przepływy minimalne rzek całego Przymorza i Pojezierza Kaszubskiego. Rzeki pojezierzy Krajeńskiego i Wałeckiego charakteryzują się przeciętną zmiennością przepływów minimalnych (ok. 0,300). Natomiast największą zmiennością przepływów minimalnych ( $C_v > 0,700$ ) odznaczają się rzeki w dorzeczu górnej Noteci. Wyższą zmiennością minimalnych przepływów wyróżniają się też rzeki Pojezierza Myśliborskiego i Niziny Szczecińskiej (Krąpiel  $C_v = 0,630$ ).

Nieregularność przepływów rzek ustalono, obliczając stosunek absolutnego maksimum przepływu do absolutnego minimum przepływu w całym ciągu pomiarowym. Na wartości tego współczynnika wpływ mają zarówno warunki środowiskowe, jak i działalność człowieka. Najbardziej regularnym przepływem odznaczają się rzeki Pojezierza Kaszubskiego: Wda (5,0), Brda (6,7), rzeka Drawa (6,4) oraz środkowy i dolny odcinek Noteci (8,8) – rycina 6. Rzeki Przymorza cechują się nieznacznie mniejszą regularnością, jednak wartości wciąż są nieduże (Łeba (Cecenowo) – 10,5, Słupia (Słupsk) – 11,7). Znacznie mniejszą regularnością i wyższymi wartościami współczynnika charakteryzują się rzeki Niziny Szczecińskiej (Ina 44,5, Krąpiel 534,7), Pojezierza Myśliborskiego (Myśla 84, Płonia 118) oraz Pojezierza Kujawskiego (górna Noteć 11100). Noteć odznacza się największym zróżnicowaniem nieregularność przepływów skrajnych, których wartości wzdłuż biegu rzeki wyraźnie maleją. Wpływ na to ma zmiana charakteru rzeki z quasi-naturalnego na silnie przekształcony w wyniku prac regulacyjnych. Zaburzenie naturalnego reżimu odpływu, w tym silne wyrównanie przepływów skrajnych, obserwuje się poniżej Nakła, od którego Noteć ma charakter rzeki skanalizowanej z 14 stopniami wodnymi.

## TYPY REŻIMU

Typy reżimów rzek na badanym obszarze ustalono zgodnie z kryteriami zaproponowanymi przez Dynowską (1999, *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*, 1997).



Ryc. 6. Współczynnik nieregularności przepływów skrajnych

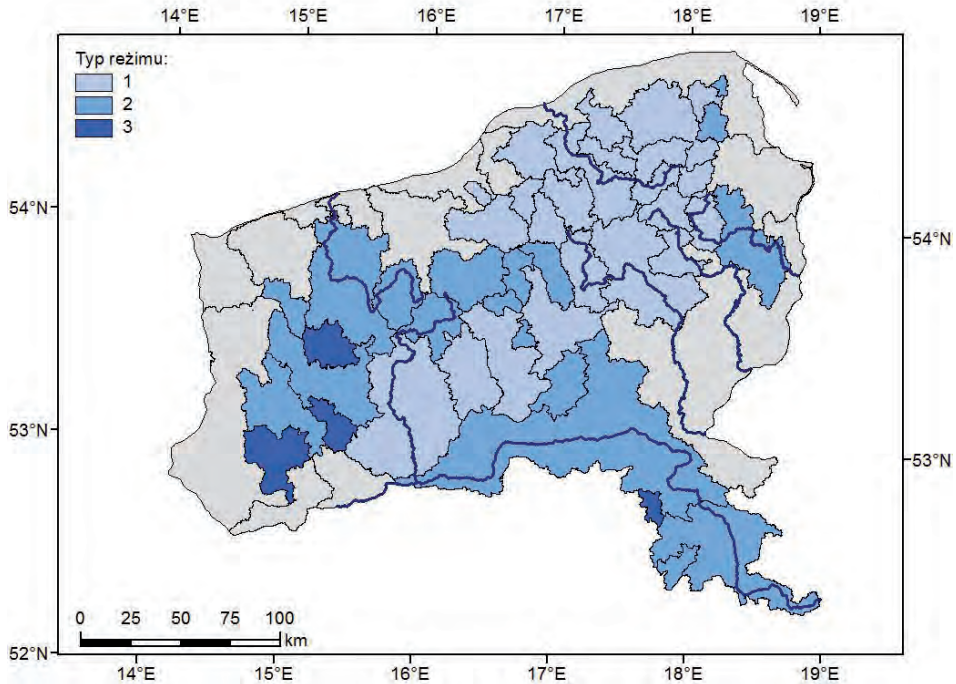
Fig. 6. Irregularity coefficient of extreme discharges

Ze względu na rozkład odpływu w cyklu rocznym, wyrażony przebiegiem i wysokością miesięcznych współczynników przepływu, badane rzeki można zaliczyć do trzech typów niwalnego reżimu rzecznego (ryc. 7).

**Typ 1 – reżim niwalny słabo wykształcony.** Charakterystyczny jest dla rzek, których średni odpływ miesiąca wiosennego nie przekracza 130% średniego odpływu rocznego. Dotyczy to głównie rzek Przymorza (na wschód od Parsęty), pomorskich dopływów Noteci (Drawa, Gwda) i Brdy. W cyklu rocznym rzeki te wyróżniają się najbardziej wyrównanymi odpływami głównie ze względu na warunki hydrogeologiczne, dużą zdolność retencyjną zlewni (korzystne warunki infiltracyjne), dużą jeziorność i liczbę zagłębień bezodpływowych.

**Typ 2 – reżim niwalny średnio wykształcony.** Reprezentowany jest przez rzeki, których średni odpływ miesiąca wiosennego wynosi od 130 do 180% średniego odpływu rocznego. Rzeki o tym reżimie występują zarówno w zachodniej części Przymorza (Rega, Parsęta), jak i na południu, w dorzeczu górnej Noteci.

**Typ 3 – reżim niwalny silnie wykształcony.** Odznaczają się nim rzeki ze średnim odpływem miesiąca wiosennego wyższym od 180% średniego odpływu rocznego. Rzeki te wyróżniają się największymi zmianami odpływu w cyklu



Ryc. 7. Typy reżimu odpływu rzek

1 – nivalny słabo wykształcony, 2 – nivalny średnio wykształcony, 3 – nivalny silnie wykształcony

Fig. 7. Flow regime types

1 – nival, poorly developed, 2 – nival, moderately developed, 3 – nival, strongly developed

rocznym. Położone są w zachodniej części obszaru na Pojezierzu Myśliborskim (Myśla) i Pobrzeżu Szczecińskim (Mała Ina i Krąpiel w dorzeczu Iny) oraz na południu – Gąsawka w dorzeczu Noteci.

## WNIOSKI

Z badań wynika, że rzeki analizowanego obszaru charakteryzują się specyficznymi, często odmiennymi cechami odpływu. Jest to efekt zarówno wyjątkowego zróżnicowania środowiska przyrodniczego zlewni, jak i działalności człowieka. Warunki klimatyczne (głównie zróżnicowanie wysokości opadów atmosferycznych) oraz cechy fizjograficzne zlewni (położenie, wysokość, pokrycie i użytkowanie terenu) oraz budowa geologiczna wpływają na cechy reżimu rzek tego obszaru. Rzeki te charakteryzują się wyjątkowym zróżnicowaniem wysokości odpływu całkowitego, od wartości najniższych w skali całego kraju (dorzecze górnej Noteci) do bardzo wysokich, najwyższych w nizinnej części

kraju (ponad 300 mm, a w przypadku Raduni nawet ponad 400 mm). Rzeki na tym obszarze odznaczają się silnym zróżnicowaniem odpływu podziemnego i jego udziału w odpływie całkowitym. W przypadku wielu rzek Przymorza udział ten wynosi ponad 80%, co jest wartością największą w kraju. Charakteryzują się też najmniejszą zmiennością przepływów, zwłaszcza rocznych. Zwraca uwagę wyraźnie większa zasobność wodna, większy odpływ podziemny i jego udział w odpływie całkowitym oraz mniejsza zmienność przepływów rocznych rzek we wschodniej niż w zachodniej części Przymorza.

## LITERATURA

- Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*, 1997: Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- Bogdanowicz R. 2004: *Hydrologiczne uwarunkowania transportu wybranych związków azotu i fosforu Odrą i Wisłą oraz rzekami Przymorza do Bałtyku*, Wydawnictwo UG, Gdańsk.
- Bogdanowicz R. 2009: *Zasoby rzek Przymorza i ich zmienność*, [w:] R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda (red.), *Zasoby i ochrona wód – Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 47–62.
- Drwal J. 1990: *Quasiendoreizm w Europie Środkowej*, Przegląd Geograficzny, 62, 3–4, 347–358.
- Dynowska I. 1971: *Typy reżimów rzecznych w Polsce*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 28.
- Dynowska I., Pociask-Karteczka J. 1999: *Obieg Wody*, [w:] L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 343–373.
- Gutry-Korycka M. 1985: *Struktura naturalnego bilansu wodnego Polski (1931–1960)*, Prace i Studia Geograficzne, 7, Studia Hydrologiczne, Wydawnictwo UW, Warszawa.
- Kille K. 1970: *Das Verfahren MoMNQ, ein Beitrag zur Berechnung der mittleren langjährigen Grundwasserneubildung mit Hilfr der monatlichen Niedrigwasserabflüsse*, Z. Deutch, Geol. Ges., Sonderh., Hydrogeol., Hydrogeochem., Hannoer.
- Marszelewski W. 2007: *Zróżnicowanie zasobów wód powierzchniowych dorzeczy Przymorza*, [w:] Z. Michalczyk (red.), *Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym*, Wydawnictwo UMCS, Lublin, 361–371.
- Orsztynowicz J. 1973: *Odpływ podziemny rzek polskich*, Gospodarka Wodna, 5.
- Paszczyk J.L. 1975: *Rola wód podziemnych w odpływie rzecznyim i w bilansie wodnym Polski*, Wydawnictwo UMCS, Lublin.
- Stachý J. 1980: *Odpływy rzek Przymorza na tle odpływu z terenu całej Polski*, [w:] *Stosunki wodne w zlewniach rzek Przymorza i dorzecza Dolnej Wisły ze szczególnym uwzględnieniem gospodarki wodnej jezior*, IMGW, Słupsk, 13–27.
- Tomaszewski E. 2001: *Sezonowe zmiany odpływu podziemnego w Polsce w latach 1971–1990*, Acta Geographica Lodziensia, 79.
- Woś A. 2010: *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Wrzeński D. 2013: *Entropia odpływu rzek w Polsce*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Wundt W. 1953: *Gewässerkunde*, Springer Verlag, Berlin.