

## HYDROLOGIA RZEK KARPACKICH I JEJ ZWIĄZKI Z GOSPODARKĄ WODNĄ TERENÓW GÓRSKICH

*Jerzy Punzet*

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział w Krakowie

Podstawy gospodarki wodnej zazębiają się z całym kompleksem zagadnień przyrodniczych, a szczególnie mocno z zagadnieniami hydrologicznymi. Gospodarka wodna musi opierać się bowiem na istniejącym bilansie wodnym, którego szczegółowe poznanie należy do podstawowych zadań hydrologii.

Polska należy do krajów ubogich w zasoby wodne. Według Lambora [2] na 1 mieszkańca przypada w Polsce 3,8 m<sup>3</sup> wody na 1 dobę, podczas gdy np. w Czechosłowacji 4,9, Francji 8,2, Austrii 20, ZSRR 35,6 m<sup>3</sup>. Już obecnie jest w Polsce szereg obszarów deficytowych w wodę, jak np. Górnośląski Obszar Przemysłowy, region Łodzi, Wałbrzycha czy górnej Noteci.

Na tym tle ogólnego ubóstwa wodnego Polski szczególnego znaczenia nabiera właściwa, wielokierunkowa gospodarka wodna w karpackim obszarze Wisły, gdzie woda występuje w nadmiarze i stanowi potencjalne rezerwy nie tylko w skali regionu, lecz całego kraju.

Reżim rzek karpackich odznacza się wielką zmiennością przepływów tak w czasie jak i przestrzeni. Uwidacznia się to już w wartościach średnich dla poszczególnych karpackich dopływów Wisły.

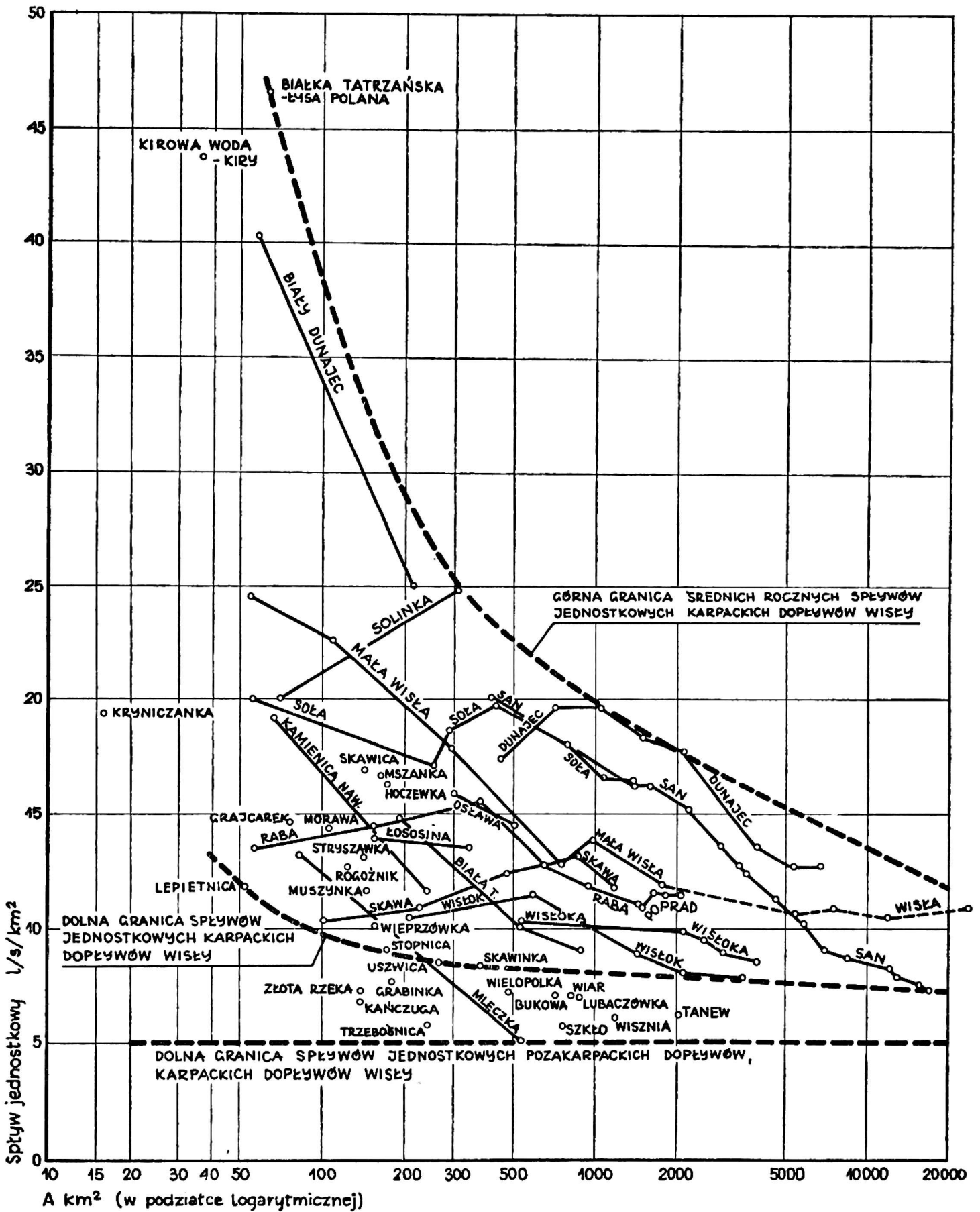
Porównując wielkości średnich rocznych przepływów w okresie 1946-1965 dla karpackich dopływów Wisły (tab. 1) można stwierdzić, że najzasobniejszym w wodę jest Dunajec, który przy zlewni liczącej 1000 km<sup>2</sup> prowadzi 19,6 m<sup>3</sup>/sek./q = 19,6 l/skm<sup>2</sup>/wody. Niewiele ustępują mu Soła i San (po 17 m<sup>3</sup>/sek), a kolejne miejsca zajmują Mała Wisła, Skawa, Raba, następnie zaś Wisłoka i Wisłok, których przepływy średnie są już dwukrotnie niższe od przepływów Dunajca. Do najuboższych w wodę na terenie Karpat i Podkarpacia należą pozakarpackie dopływy Sanu (Tanew, Wisznia, Szkło) oraz Mleczka, prawy dopływ Wisłoka, której przepływ przy 500 km<sup>2</sup> zlewni jest ponad 3-krotnie niższy od przepływu Soły, Dunajca czy Sanu przy tej wielkości zlewni. Jeszcze wyraźniej widać tę zmienność porównując średnie spływy jednostkowe karpackich

Tabela 1

Porównanie wielkości średnich przepływów (1946—1965) karpackich dopływów Wisły [4]

Rzeka	Zlewnia km <sup>2</sup>	Przepływ w m <sup>3</sup> /sek. przy wielkości zlewni km <sup>2</sup>										przy ujściu
		500	1000	1500	2000	3000	4000	5000				
Mała Wisła*	1 793	7,2	13,6	17,7	—	—	—	—	—	—	—	20,0
Soła	1 375	9,5	17,0	—	—	—	—	—	—	—	—	22,7
Skawa	1 188	6,2	12,3	—	—	—	—	—	—	—	—	14,0
Raba	1 528	6,8	11,6	16,5	—	—	—	—	—	—	—	16,5
Dunajec	6 978	9,0	19,6	27,5	35,0	45,5	53,6	64,5	86,0	23,8	—	86,0
Poprad	2 081	—	—	16,2	22,9	—	—	—	—	—	—	23,8
Biała Tarnowska	984	5,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,5
Wisłoka	4 096	5,1	9,7	14,4	19,1	26,0	33,5	—	—	—	—	34,0
Ropa	974	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,3
Jasiołka	513	5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,6
San	16 732	9,5	17,0	24,5	31,0	40,3	47,6	54,0	120	7,2	—	7,2
Ośława	503	7,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,2
Wiar	801	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,6
Wisznia**	1 196	3,0	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	7,2
Szkló**	861	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,0
Lubaczówka**	1 131	3,6	7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	8,0
Wisłok	3 541	5,6	9,6	13,1	16,4	23,3	—	—	—	—	—	27,5
Mleczka	575	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,8
Tanew**	2 298	3,0	6,0	9,2	12,2	—	—	—	—	—	—	14,0
Bukowa**	717	3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,0

\* — przy połączeniu z Przemszą, \*\* — pozakarpacki dopływ Sanu.

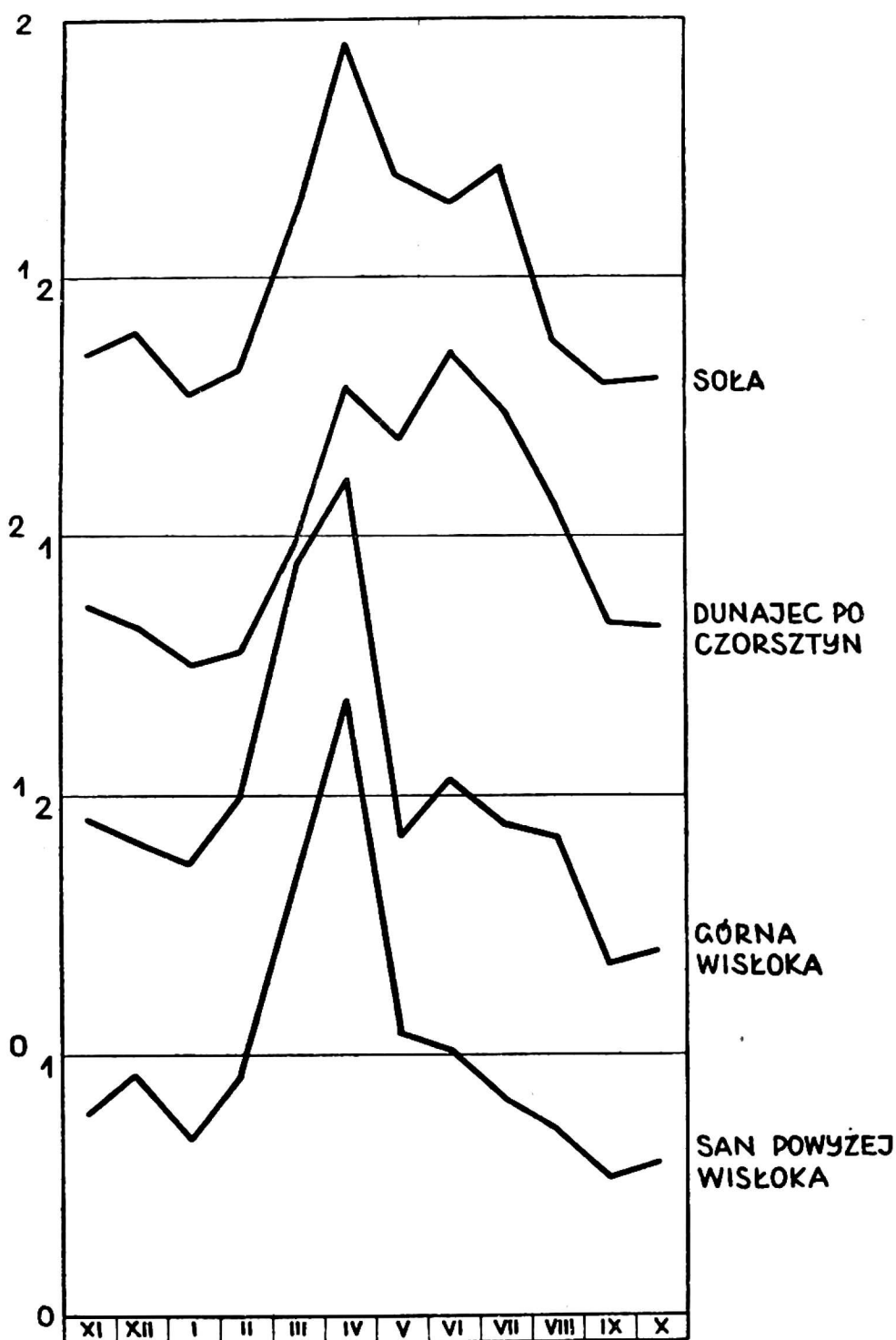


Rys. 1. Spływy jednostkowe średniej rocznej wody Wisły i jej karpackich dopływów [4]

dopływów Wisły (rys. 1). Wahają się one od 5 l/skm<sup>2</sup>, jak obliczono dla Mlecзки w Gorliczynie (zlewnia 524 km<sup>2</sup>) do ponad 40 l/skm<sup>2</sup> (Białka Tatrzańska w Łyśej Polanie, Kirowa Woda w Kirach, Biały Dunajec w Zakopanem).

Ważną cechą charakterystyczną rzeki jest rozkład średniego rocznego przepływu na poszczególne miesiące — szczegółowo traktuje o tym

osobny artykuł autora [4]. Ogólnie biorąc największe średnie miesięczne przepływy występują w karpackiej części dorzecza górnej Wisły z zasa-  
dy w kwietniu, czasem (w dolnych partiach Wisłoki i Sanu) już w marcu (rys. 2). Wyjątkiem jest tu jedynie górne dorzecze Dunajca po Czorsztyn,



Rys. 2. Rozkład średniego rocznego przepływu na poszczególne miesiące, scharaktery-

$$\text{zowany współczynnikami } \varphi_m = \frac{Q_m}{Q_{\text{sr.r.}}}$$

gdzie maksymalny średni miesięczny przepływ występuje w czerwcu. Najmniejsze średnie miesięczne przepływy występują najczęściej z końcem roku hydrologicznego, a więc we wrześniu lub październiku. W górnych biegach dopływów Wisły w zachodniej części Karpat najniższe średnie miesięczne przepływy występują w styczniu.

Geneza przebiegu przepływów jest w ogólnych zarysach dostatecznie

znana. Rytm przepływu rzek zależy od rytmiczności zasilania, jest więc funkcją klimatu (warunków pogodowych). Niestęłość pogody — charakterystyczna dla naszych stosunków klimatycznych zmienność temperatur i opadów atmosferycznych — jest zasadniczą przyczyną nieregularności zasilania rzek, przy czym ostateczne wielkości przepływów kształtują się w zależności od warunków topograficznych (długości doliny, jej spadku podłużnego, nachylenia stoków), dalej od rodzaju i wykorzystania gruntu oraz związanych z tym warunków spływu gruntowego: zdolności retencyjnej dorzecza, działania retencyjnego jezior, lasów itp.

Duże spadki rzek karpackich, mało przepuszczalne podłoża i małe na ogół zdolności retencyjne dorzeczy sprawiają, że spływ ze zlewni odbywa się przeważnie powierzchniowo, wskutek czego w okresach posuchy występują bardzo małe przepływy, w okresach zaś deszczowych gwałtowne i wielkie wezbrania.

I tak: najniższe znane spływy jednostkowe rzek karpackich spadają często poniżej 1 l/skm<sup>2</sup>, a w wielu dorzeczach poniżej 0,5 l/skm<sup>2</sup>. Tylko w nielicznych karpackich dopływach Wisły nie stwierdzono spływów jednostkowych poniżej 1 l/skm<sup>2</sup> (dorzecze Dunajca po Poprad, Skawica w dorzeczu Skawy, Mszanka w dorzeczu Raby).

Z kolei najwyższe zaobserwowane spływy jednostkowe karpackich dopływów Wisły są wysoce zróżnicowane i w górnych partiach rzek (potoków) przekraczają (czasem bardzo znacznie) 2000 l/skm<sup>2</sup>.

Stąd też karpackie dopływy Wisły charakteryzują się wysokimi wskaźnikami absolutnej zmienności przepływów (współczynnikami nieregularności =  $\frac{Q \text{ max. zaobs.}}{Q \text{ min. zaobs.}}$  — przekraczającymi wartości 1000, 2000 i więcej). Z zasady współczynniki nieregularności maleją z biegiem rzek, a więc w miarę powiększania się zlewni. Na tle danych wszystkich karpackich dopływów Wisły zwracają uwagę stosunkowo niskie współczynniki nieregularności Dunajca (poniżej wartości 1000). Natomiast często bardzo wysokie współczynniki nieregularności mogą występować z przyczyn sztucznych, np. z powodu poboru wód dla celów przemysłowych.

Już obecnie występuje znaczna ilość zakłóceń w naturalnym reżimie przepływów, wywołana przez ingerencję człowieka w życie rzek — przez pobory i zrzuty wód przemysłowych, a w przyszłości w wyniku rozwoju gospodarki wodnej zakłócenia te będą dalej wzrastać.

Podane hydrologiczne cechy karpackich dopływów Wisły nie wyczerpują oczywiście pełnej charakterystyki reżimu rzeczno-górnego. Można jeszcze rozpatrywać np. udział przepływu gruntowego w przepływie całkowitym rzek, ruch rumowiska w poszczególnych rzekach, czy wielkość amplitudy wahań stanów wody itp. Niemniej są one już wystarczające do oceny podstawowych cech reżimu (ustroju) rzek górskich. Reżim ten cechuje:



- znaczne, lecz nierównomiernie rozłożone w czasie i przestrzeni zasoby wodne,
- mała bezwładność hydrologiczna objawiająca się częstymi i znacznymi zmianami stanów wody nawet w poszczególnych dniach,
- duża nieregularność przepływów w poszczególnych miesiącach czy latach,
- znaczny potencjał powodziowy przy wyraźnej dominancie tak ilościowej jak i jakościowej wezbrań letnich nad zimowymi,
- przy dużych i częstych zmianach przepływów występują znaczne procesy erozyjne koryta — brzegów i dna rzecznego.

Dla ogólnego zobrazowania jak odmienne od rzek górskich są cechy rzek nizinnych i wyżynnych wykonano porównanie w tabeli 2 [3].

Tabela 2

Porównanie cech charakterystycznych rzek — Raby (górskiej), Drawy (nizinnej), Pilicy (wyżynnej) [3]. Podane wartości dotyczą zlewni = 1500 km<sup>2</sup>

Badany czynnik	Drawa	Pilica	Raba
Najniższy przepływ, m <sup>3</sup> /sek.	4	1	1,2
Średni przepływ, m <sup>3</sup> /sek.	8	8	16,2
Zwyczajny wielki przepływ, m <sup>3</sup> /sek.	20	50	420
Najwyższy znany przepływ, m <sup>3</sup> /sek.	37	200	1470
Najniższy spływ jednostkowy, 1/skm <sup>2</sup>	2,65	0,67	0,8
Najwyższy spływ jednostkowy, 1/skm <sup>2</sup>	24,7	133	980
Stosunek — minimum : maksimum	9	200	1225
Miesiąc wystąpienia absolutnego maksimum	I-III	III	VII
Procent wystąpienia maksimum rocznych w półroczu letnim	20	16	70
Amplitudy wahań stanów wody, m	1-2	3	9

Omówione wyżej cechy reżimu rzek górskich determinują zasady prowadzenia gospodarki wodnej na tych terenach. W warunkach tak dużej zmienności przepływów, jaka cechuje rzeki karpackie, jedynie budowa zbiorników wodnych gwarantuje prowadzenie racjonalnej gospodarki wodnej.

Ta zasada jest już ogólnie uznana, można jedynie dyskutować, jaka ilość czy objętość zbiorników jest niezbędna dla optymalnego wypełnienia zadań. Zgodnie z dezyderatami planu gospodarki wodnej w Polsce [5] łączna objętość użytkowa zbiorników w Karpatach powinna być co najmniej rzędu 3 mld m<sup>3</sup>, a korzyści z ich budowy będą wielorakie.

Na pierwszym miejscu w warunkach reżimu rzek karpackich należy wymienić ochronę dolin rzecznych — leżących poniżej zbiorników — od skutków powodzi i związane z tym obniżenie fali powodziowej w korycie Wisły. Dla uzmysłowienia sobie wagi tego problemu warto wspom-

nić, że w przypadku katastrofalnych wezbrań szkody powodziowe w granicach jedynie woj. krakowskiego stanowią przeciętnie 60% strat ogólnokrajowych. Tak np. w czasie katastrofalnej powodzi w lipcu 1960 r. ogólne straty gospodarki narodowej ocenione zostały na 2,4 mld zł, w tym 1,5 mld w woj. krakowskim [6].

W związku z powyższym teren ten w szczególności, a ogólnie biorąc całe Podkarpacie wymaga jak najszybciej dobrych zabezpieczeń przeciwpowodziowych, a takimi są rezerwy przeciwpowodziowe zbiorników retencyjnych, inne środki techniczne jak właściwa regulacja i zabudowa rzek (potoków) górskich oraz odpowiednie obwałowania.

Kolejnym zagadnieniem to możliwości korzystania z odpływów wyrównawczych za pomocą zbiorników przez różnych konsumentów wody, jak: rolnictwo, przemysł, gospodarka komunalna, energetyka, żegluga, turystyka i in. Sprzeczne częstokroć ich interesy wymagać będą każdorazowo ustalenia hierarchii potrzeb i priorytetów w użytkowaniu wody i na tym tle opracowania optymalnego planu zapotrzebowania i pokrycia.

Zagadnieniom tym poświęcone będą inne referaty, warto wszakże dodać, że dodatkowym poważnym problemem jest ochrona czystości wód górskich, niedopuszczanie do ich zanieczyszczenia przez rozwijający się przemysł i gospodarkę komunalną. W parze zaś z zabudową techniczną musi iść zabudowa biologiczna dorzeczy, mogąca mieć poważny wpływ na zwiększenie retencyjności ziem górskich. Stosowane zabiegi przeciwerozyjne — łącznie z odpowiednim zalesieniem, powinny zabezpieczyć zbiorniki wodne przed nadmiernym nanoszeniem rumowiska, a tym samym wpłynąć na okres ich użytkowania. Dla przykładu można podać, że w ciągu 25 lat użytkowania Zbiornika Rożnowskiego, jego pojemność zmniejszyła się z blisko 230 mln m<sup>3</sup> do rzędu 180 mln m<sup>3</sup>, a żywotność zbiornika oceniana jest na ok. 100 lat.

W końcu należy nadmienić, że plany gospodarki wodnej powinny równolegle rozpatrywać zagadnienia prognostyczne nad kształtem bilansu wodnego po zrealizowaniu podjętych zamierzeń oraz przewidywać środki, które gwarantowałyby równowagę w bilansie wodnym w przyszłości.

Reasumując, można zgodnie ze wskazaniem Lambora [2] stwierdzić, że dla kompleksowego rozpatrzenia i realizacji planów gospodarki wodnej, jako ważnej składowej planu gospodarki narodowej, należy prowadzić systematyczne studia nad zagadnieniami:

- jaką ilością i jakością wody dysponujemy,
- w jaki sposób pokierować rozrzędem wody, aby zapewnić optymalne jej wykorzystanie,
- jak ukształtuje się bilans wodny perspektywiczny po zrealizowaniu planów gospodarczych,
- jakimi środkami zapewnić równowagę w perspektywicznym bilansie wodnym.

Odpowiedź na te pytania wymagać będzie głębokiej analizy i gruntownej znajomości procesów hydrologicznych zachodzących w regionie pod wpływem działalności człowieka. Tylko ścisłe współdziałanie nauk hydrologii i gospodarki wodnej obok szeregu nauk pokrewnych mogą dać pozytywne, na realnych podstawach oparte, rozwiązanie problemu.

### STRESZCZENIE

W karpackim obszarze Wisły woda występuje w nadmiarze stanowiąc aktualny i potencjalny rezerwuuar wodny nie tylko w skali regionu lecz i całego kraju.

Duże spadki rzek karpackich, mało przepuszczalne podłoża i małe na ogół zdolności retencyjne dorzeczy sprawiają, że spływ ze zlewni odbywa się przeważnie powierzchniowo, wskutek tego w okresach posuchy występują bardzo małe przepływy, w okresach zaś deszczowych gwałtowne i wielkie wezbrania.

Wskaźniki absolutnej nieregularności przepływów wynoszą 1000, 2000 i więcej.

Również średnie roczne spływy jednostkowe karpackich dopływów Wisły charakteryzują się znaczną zmiennością, bo od 5 l/s/km<sup>2</sup> (Mleczka) do ponad 40 l/s/km<sup>2</sup> (potoki tatrzańskie).

W warunkach tak dużej zmienności przepływów, jaka cechuje rzeki karpackie jedynie przez budowę zbiorników wodnych można prowadzić racjonalną gospodarkę wodną.

Plany gospodarki wodnej regionu obok dokładnego poznania jaką ilością i jakością wody dysponujemy, oraz decyzji w odniesieniu do sposobu takiego pokierowania rozdziałem będącej do dyspozycji wody, aby zapewnić jej optymalne wykorzystanie, powinny jednocześnie rozpatrzyć zagadnienia prognostyczne nad kształtem bilansu wodnego po zrealizowaniu podjętych zamierzeń oraz przewidzieć i zapewnić środki, które gwarantowałyby równowagę bilansu wodnego w przyszłości.

### LITERATURA

- [1] Lambor J.: Gospodarka wodna na zbiorowiskach retencyjnych. Warszawa. Arkady. 1962
- [2] Lambor J.: Podstawy i zasady gospodarki wodnej. Warszawa. Wyd. Kom. i Łączn. 1965
- [3] Punzet J.: Charakterystyka hydrologiczna rzeki Raby. Acta Hydrobiol. 11, 4. 1969, 423-477
- [4] Punzet J.: Średnie roczne i miesięczne przepływy karpackich dopływów Wisły i jej odcinka źródłowego. Probl. Zagos. Ziem Górs. 1974
- [5] Zarys planu perspektywicznego gospodarki wodnej w Polsce. Warszawa. PAN. Kom. Gosp. Wodnej. 1959
- [6] Powódź 1960 r. Materiały monograficzne. Warszawa. Wyd. Kom. i Łączn. 1967



*Ежи Пунзет*

## ГИДРОЛОГИЯ КАРПАТСКИХ РЕК И ЕЕ СВЯЗИ С ВОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ ГОРНЫХ РАЙОНОВ

### Резюме

В Карпатской части бассейна реки Вислы вода находится в избытке, составляя актуальный и потенциальный водный резервуар не только в масштабе района, но и в масштабе всей страны.

Большие падения Карпатских рек, мало пропускные русла и, как правило, малая водозадерживающая способность бассейнов приводят к тому, что сток воды из бассейнов совершается преимущественно поверхностно, вследствие чего в периоды засухи наблюдаются очень низкие расходы, а в период дождей — бурные и большие поднятия воды.

Показатели абсолютной нерегулярности расходов составляют 1000, 2000 и более.

Тоже среднегодовые, единичные расходы Карпатских притоков Вислы характеризуются значительной изменчивостью: от 5 л/сек/км<sup>2</sup> (Млечна) до свыше 40 л/сек/км<sup>2</sup> (Татранские ручьи).

В условиях столь большой изменчивости расходов воды, какой характеризуются Карпатские реки, рациональное водное хозяйство можно вести здесь исключительно путём строительства водохранилищ.

Планы водного хозяйства района, наряду с точным исследованием, каким качеством и количеством воды располагаем и решением о способе такого распределения, предполагаемого количества воды, чтобы обеспечить её оптимальное использование — мы должны одновременно рассмотреть прогностические проблемы образования водного баланса после реализации принятых решений, а также предвидеть и обеспечить средства, гарантирующие равновесие водного баланса в будущем.

*Jerzy Punzei*

## HYDROLOGY OF THE CARPATHIAN RIVERS AND ITS CONNECTION WITH THE WATER CONTROL AND MANAGEMENT OF MOUNTAIN REGIONS

### Summary

In the Carpathian part of the Vistula River excessive amounts of water occur being the actual and potential water reservoir for the demands not only of the region but of the whole country.

High gradients of the Carpathian rivers, low permeability of substratum, and in general little retention capacity of the areas cause the surface run-off from the catchment basins and, in consequence, very low yields in the periods of drought and great rapid swells after rains. The indices of absolute irregularity of flows amount to 1,000, 2,000, and more. The mean annual yields of the Carpathian affluents of the Vistula are fairly variable and range from 5 l/s km<sup>2</sup> (Mleczka) to above 40 l/s km<sup>2</sup> (the Tatra streams).

Under conditions of such high variability of yields of the Carpathian rivers, rational water control and management may be only attained by the construction of dam reservoirs.

Beside the thorough knowledge of the amount and quality of available water and the decisions on its distribution which would secure its best utilization, the plans of the water economy of the region should at the same time consider the problems of the shape of water balance after the realization of projects, and secure the means which would guarantee the water balance in the future.