POLSKA
AKADEMIA
NAUK

PL ISSN 0012-5032

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

ANTROPOGENICZNE UWARUNKOWANIA ZMIAN ODPŁYWU I REŻIMU RZEK W RÓŻNYCH REGIONACH POLSKI

Pod redakcją
IRENY DYNOWSKIEJ

ROK 1988 ZESZYT 4

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK · ŁÓDŹ
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

WYKAZ ZESZYTÓW
PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ
za ostatnie lata

1984

1 **Postępy geografii społecznej i ekonomicznej w krajach anglosaskich**, s. 1148, zł 120,–
2 **Turystyka i rekreacja**, s. 160, zł 120,–
3-4 **Geografia a filozofia – wybrane zagadnienia metodologiczne**, s. 167, zł 120,–

1985

1-2 **O wyjaśnianiu w geografii**, s. 285, zł 240,–
3-4 **XXV Międzynarodowy Kongres Geograficzny Paryż-Alpy 1984**, s. 179, zł 240,–

1986

1-2 **Geografia kultury**, s. 114, zł 240,–
3-4 **Geografia behawioralna**, s. 98, zł 240,–

1987

1 **Społeczna geografia medyczna**, s. 156, zł 240,–
2-3 **Teledetekcja w rolnictwie**, s. 203, zł 360,–
4 **Śródziemnomorska Konferencja Międzynarodowej Unii Geograficznej, Hiszpania 1986**, s. 116, zł 240,–

1988

1 **Współczesna geografia francuska. Część I**, s. 204, zł 240,–

http://rcin.org.pl

ANTROPOGENICZNE UWARUNKOWANIA ZMIAN ODPŁYWU I REŻIMU RZEK W RÓŻNYCH REGIONACH POLSKI

http://rcin.org.pl

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

ANTROPOGENIC DETERMINANTS OF CHANGES IN RIVER RUN-OFF AND REGIMEN IN DIFFERENT REGIONS OF POLAND

EDITED BY IRENA DYNOWSKA

YEAR 1988 FASC.4

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK · ŁÓDŹ
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

http://rcin.org.pl

POLSKA
AKADEMIA
NAUK

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

ANTROPOGENICZNE UWARUNKOWANIA ZMIAN ODPŁYWU I REŻIMU RZEK W RÓŻNYCH REGIONACH POLSKI

Pod redakcją
IRENY DYNOWSKIEJ

ROK 1988 ZESZYT 4

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK · ŁÓDŹ
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

http://rcin.org.pl

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Jerzy Grzeszczak
Członkowie: Maria Ciechocińska, Tadeusz Gerlach,
Alina Potrykowska, Józef Skoczek, Władysława Stola.
Sekretarz: Maria Mozolewska

Adres Komitetu:

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
Polskiej Akademii Nauk
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

Maszynopis niniejszego numeru przekazano Wydawcy 8 stycznia 1988

Redaktor Wydawnictwa Hanna Jurek
Redaktor techniczny Adam Nowak

Printed in Poland

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo. Wrocław 1988.
Nakład: 420 egz. Objętość: ark. wyd. 6, ark. druk. 6, ark. A_1 — 8.
Papier offset. kl. III, 80 g, 70×100. Oddano do składania 1988.03.23.
Podpisano do druku 1988.10.26. Druk ukończono w listopadzie 1988.
Wrocławska Drukarnia Naukowa. Zam. 3189/88. K-7. Cena zł 100,—

http://rcin.org.pl

SPIS TREŚCI

Przedmowa — Irena Dynowska 7
Roman Soja — Zmiana odpływu w zlewni Wisłoki pod wpływem działalności człowieka 9
Change of the Wisłoka River run-off under the impact of human activity (summary) 21
Изменение стока реки Вислоки под воздействием деятельности человека (резюме) 22
Jadwiga Rotnicka — Wpływ regulacji koryta rzecznego i melioracji zlewni na odpływ górnej Prosny 23
The impact of channel regulation and drainage area's melioration on the Upper Prosna River run-off (summary) 37
Влияние регулировки русла реки и мелиорации водосбора на сток верхней Просны (резюме) 38
Zdzisław Michalczyk — Wpływ poboru wody do Kanału Wieprz—Krzna na przepływ środkowego biegu Wieprza 39
The impact of water input to the Wieprz-Krzna Canal on the flow of the Wieprz River middle course (summary) 49
Влияние водозабора в канал Вепш—Кшна на расход среднего течения р. Вепш (резюме) 50
Andrzej T. Jankowski — Wpływ przemysłu i urbanizacji na zmiany odpływu Rawy (próba oceny) 51
The impact of industry and urbanization on changes of the Rawa River run-off (summary) 62
Влияние промышленности и урбанизации на изменения стока реки Рава (резюме) 63
Stanisław Czaja — Wpływ górnictwa i uprzemysłowienia na reżim odpływu rzek w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym na przykładzie zlewni Brynicy do profilu w Sosnowcu 65
The impact of mining and industralization on the regime of river run-off in the Upper Silesian Industrial Region on the example of the Brynica drainage area in to river ganging station Sosnowiec (summary) . . . 76
Влияние горной промышленности и индустриализации на режим стока рек в Верхнесилезском промышленном округе на примере водозабора реки Брыница до створа в Сосновце (резюме) 77
Paweł Jokiel, Zygmunt Maksymiuk — Wpływ kopalni odkrywkowej „Bełchatów" na zmiany odpływu 79
The impact of the „Bełchatów" open pit on run-off changes (summary) 94
Влияние каменноугольного развеза „Белхатув" на изменения стока (резюме) . . 94

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

PRZEDMOWA

Jednym z najważniejszych problemów współczesnej hydrologii i gospodarki wodnej jest ocena wpływu działalności człowieka na stosunki wodne, w tym na odpływ. W miarę rozwoju cywilizacji ingerencja człowieka stale wzrasta. Powstaje więc zagadnienie prognozy zmian, której punktem wyjścia jest znajomość prawidłowości zachodzących procesów.

Stan rozpoznania wpływu gospodarczej działalności człowieka na zmianę i reżim odpływu jest bardzo niezadowalający. Dlatego w ramach prac Komisji Hydrograficznej Polskiego Towarzystwa Geograficznego podjęto myśl skoncentrowania badań na temat: „Antropogeniczne uwarunkowania zmian odpływu i reżimu rzek w różnych regionach Polski", a następnie opublikowania wyników w jednym wydawnictwie. Wyrażam wielką wdzięczność Redakcji „Dokumentacji Geograficznej" za udostępnienie swoich łamów na te opracowania, które zostały wykonane w ramach prac badawczych ośrodków geograficznych w Krakowie, Poznaniu, Lublinie i Sosnowcu.

Zmiany wielkości i reżimu odpływu mogą zachodzić wskutek różnych przejawów antropopresji, jak:

— użytkowanie ziemi,
— melioracje rolne,
— regulacja i budowa obwałowań koryt rzecznych,
— przerzuty wód do innych zlewni,
— pobory i zrzuty wód komunalnych i przemysłowych,
— zrzuty do rzek wód dołowych z kopalń,
— gospodarka na zbiornikach zaporowych,
— nadmierna eksploatacja wód podziemnych.

Intensywność wszystkich tych przejawów gospodarczej działalności człowieka może być różna i różny może być tym samym stopień ich oddziaływania. Zależy on także od środowiska geograficznego.

Duża trudność oceny wpływu gospodarczej działalności człowieka na odpływ polega m.in. na tym, że brak jest na ogół danych sprzed ingerencji; trudno jest też „oddzielić" naturalne przemiany odpływu od zmian spowodowanych przez człowieka. Równoległe bowiem nakładanie się czynników naturalnych na antropogeniczne bardzo utrudnia ocenę wpływu antropopresji na kształtowanie się odpływu.

http://rcin.org.pl

We wszystkich prezentowanych opracowaniach, mimo metodycznych trudności, położono nacisk na konkretną ilościową ocenę zmian odpływu wskutek różnych przejawów antropopresji.

R. Soja podjął bardzo dyskusyjny i trudny temat, jakim jest wpływ zmiany użytkowania ziemi na wielkość odpływu. W dorzeczu górnej Wisłoki, gdzie po II wojnie światowej znacznie zmniejszyła się gęstość zaludnienia, nastąpiła znaczna zmiana użytkowania ziemi. Na opuszczone pola orne wkroczyły zespoły roślinności łąkowej i zarośla; zwiększył się też areał leśny. Te zmiany są według R. Soji główną przyczyną zwiększania się odpływu.

J. Rotnicka zbadała wpływ regulacji koryta rzecznego górnej Prosny oraz melioracji w obrębie zlewni na zmianę wielkości i reżimu odpływu. Okazało się, że w wyniku tych zabiegów znacząco zwiększył się odpływ i nieregularność przepływów w okresie letnim.

Z. Michalczyk zbadał wpływ największej inwestycji melioracyjnej w Polsce, jaką jest Kanał Wpierz—Krzna, na zmniejszenie się odpływu Wieprza poniżej poboru wody do kanału. W okresie największego poboru, w lipcu, kieruje się do kanału prawie połowę ilości wody przepływającej Wieprzem. Wskutek tak znacznego poboru, mimo przyrostu zlewni, przepływ Wieprza poniżej ujęcia jest w miesiącach letnich znacznie mniejszy.

A. T. Jankowski zbadał zmianę wielkości i reżimu Rawy, która nastąpiła głównie w wyniku poboru wody oraz zrzutów ścieków przemysłowych i komunalnych, a także zrzutów wód dołowych. Odpływ rzeki wskutek rosnącego udziału wód obcych spoza zlewni systematycznie wzrasta.

S. Czaja zanalizował zmianę reżimu odpływu Brynicy. Stwierdził, że w części zlewni przeobrażonej wskutek dużej ilości zrzutów wód dołowych amplituda przepływów jest w ciągu całego roku o wiele mniejsza niż w części zlewni o charakterze naturalnym; wzrasta także ilość odpływającej wody.

P. Jokiel i Z. Maksymiuk zbadali wpływ depresyjnego leja kopalni odkrywkowej węgla brunatnego w Bełchatowie na zmniejszenie się odpływu całkowitego, w tym odpływu podziemnego.

Tego rodzaju szczegółowe opracowania powinny w przyszłości umożliwić opracowania syntez i wykrycie pewnych ogólnych prawidłowości.

Irena Dynowska
Przewodnicząca Komisji Hydrograficznej
Polskiego Towarzystwa Geograficznego

http://rcin.org.pl

ROMAN SOJA

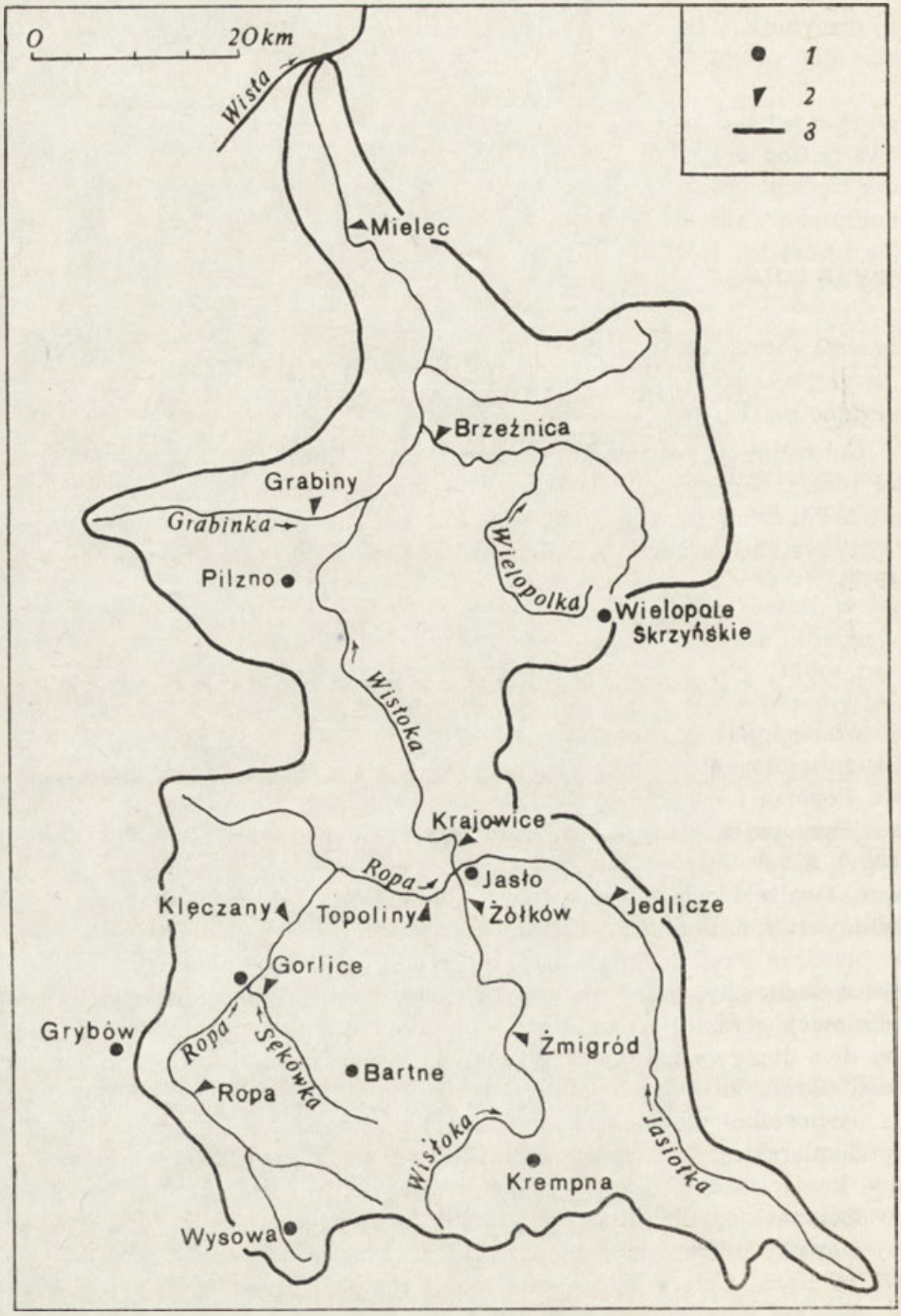
ZMIANA ODPŁYWU W ZLEWNI WISŁOKI POD WPŁYWEM DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA

Celem pracy jest udokumentowanie zmian odpływu w zlewni Wisłoki. Na możliwość wystąpienia dużych zmian odpływu z tej zlewni, a także ze zlewni Sanu zwracał uwagę J. Punzet (1972). Próbę wyjaśnienia przyczyn wystąpienia tego zjawiska zawierają prace J. Lacha (1975) i R. Soji (1978).

CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI

Wisłoka jest prawobrzeżnym dopływem Wisły (ryc. 1). Powierzchnia zlewni wynosi 4096 km^2. Wisłoka odwadnia Beskid Niski, następnie wąski pas Pogórza i na północy Kotlinę Sandomierską. Najwyższe wzniesienia w zlewni przekraczają nieznacznie 900 m npm. (Ostry Wierch w zlewni Ropy), a rusztowe pasma Beskidu Niskiego mają wysokości 700—800 m npm. Poniżej Jasła Wisłoka odwadnia Pogórze, z którego przyjmuje jedynie krótkie dopływy. Liczący ponad 40 km długości odcinek rzeki w obszarze Pogórza ma charakter wybitnie tranzytowy. Rzeka aż do ujścia zachowuje cechy reżimu hydrologicznego ukształtowanego w południowej, górskiej części zlewni. Nie zmieniają w znaczący sposób reżimu dwa dopływy zasilające Wisłokę już w obszarze Kotliny Sandomierskiej (Grabinka i Wielopolka). Obszar Beskidu Niskiego zajmuje około $^1/_3$ powierzchni zlewni, zbliżony udział mają obszary Pogórza i Kotliny Sandomierskiej. W kształtowaniu odpływu ważną rolę odgrywają opady, stąd konieczność ich krótkiej charakterystyki. W tabeli 1 zawarte są dane dotyczące opadów dla ośmiu stacji, które są reprezentatywne dla całej zlewni. Stacje opadowe położone są w przedziale wysokości 208—578 m npm. Cztery stacje: Bartne, Krempna, Grybów, Wysowa leżą w obszarze górskim; dwie stacje: Gorlice i Jasło — w obszarze Dołów Jasielsko-Sanockich, a stacje Pilzno i Wielopole Skrzyńskie — na granicy Pogórza i Kotliny Sandomierskiej. Średnie sumy opadów rocznych zmieniają się od 994 mm w Bartnem w Beskidzie Niskim do 723 mm

http://rcin.org.pl



Ryc. 1. Zlewnia Wisłoki

1 — stacje opadowe; 2 — wodowskazy; 3 — dział wodny

Wisłoka River drainage area

1 — atmospheric precipitation stations; 2 — water gauges; 3 — watershed

http://rcin.org.pl

w Wielopolu Skrzyńskim na progu Pogórza. Obszar górski odznacza się rocznymi opadami wyższymi od 800 mm, a przy gradiencie opadowym wynoszącym 50 mm/100 m wzrostu wysokości npm., opady na najwyższych wzniesieniach znacznie przekraczają 1000 mm. Poza górskim obszarem zlewni średnie roczne sumy opadów zbliżone są do 750 mm. Najwyższą roczną sumę opadów zarejestrowano w Bartnem — 1347 mm, najniższą w Wielopolu Skrzyńskim — 461 mm. Współczynnik nieregularności rocznych sum opadów wynosi około 2,00.

Tabela 1

Współczynniki regresji równań określających zmiany opadów w okresie 1951-1980

Stacja opadowa	Wysokość w m npm.	Średnia roczna suma opadów w mm	Współczynnik regresji w mm/rok	Charakter zależności
Krempna	388	845	4,32	nieistotna
Bartne	578	994	5,90	nieistotna
Wysowa	525	831	0,49	nieistotna
Grybów	330	810	0,73	nieistotna
Gorlice	290	766	3,46	nieistotna
Jasło	240	753	5,81	na granicy istotności
Pilzno	208	753	3,31	nieistotna
Wielopole Skrzyńskie	260	723	4,35	nieistotna

METODA PRACY

W celu określenia tendencji zmian odpływu przyjęto metodę regresji. Metodę tę stosowano m.in. do określenia tendencji opadowych (Kaczorowska 1962), odpływu (Hidore 1966; Stachy 1971, 1984; Wilgat, Kowalska 1975; Soja 1978, 1980) i zmian powodziowości rzek (Stachy, Nowak 1977). Obliczano równania prostych regresji o postaci: $y = ax + b$; gdzie y = odpływ w roku x, x — kolejny wyraz ciągu obserwacyjnego odpływu oznaczony od 1951 r. jako 1, 2, 3, . . ., n, a — współczynnik regresji, b — wartość stała.

Przyjęto, że odchylenia średnich rocznych przepływów od prostej regresji mają charakter losowy. Współczynniki regresji (a) podają wielkość zmiany przepływu w jednostce czasu (m^3/s). Dodatnia wartość współczynnika wskazuje na wzrost odpływu, ujemną wartość na zmniejszenie się odpływu w badanym przekroju czasowym. Badano istotność otrzymanych związków, obliczając średni błąd kwadratowy współczynnika korelacji. Za I. F. Drużyninem (Stachy 1971) przyjęto, że jeśli współczynnik korelacji jest większy od średniego błędu kwadratowego,

http://rcin.org.pl

to związek jest istotny. Istotność otrzymanych związków badano także stosując test *t* Studenta na poziomie 5%.

ZMIANY ŚRODOWISKA W ZLEWNI WISŁOKI

Przedstawienie dynamiki i przestrzennego zasięgu zmian środowiska dla zlewni jest trudne z uwagi na to, że materiały statystyczne odnoszą się do jednostek administracyjnych, których granice nie pokrywają się z reguły z granicami zlewni. Wykorzystano w opracowaniu dane dla gmin.

Zmiany środowiska w latach 1945—1980 we wschodniej części polskich Karpat zostały zapoczątkowane w 1945 r. po wysiedleniu miejscowej ludności. W zlewni Wisłoki proces ten objął obszar około 1000 km^2. Wysiedlenie miejscowej ludności spowodowało zanik uprawy roli lub przynajmniej znaczne jej ograniczenie. Na opuszczone pola wkraczały zespoły roślinności łąkowej i zarośla. Dokonywano także w latach pięćdziesiątych prób zalesiania nieużytków. Proces wyludnienia o zasięgu i skali prawdopodobnie niespotykanej w Europie w XX w. (Maryański 1962), spowodował zmiany w środowisku przyrodniczym, które musiały znaleźć odzwierciedlenie w obiegu wody. Pierwsza publikowana praca dotycząca skutków wyludnienia (Hryncewicz 1959) podkreśla zmianę warunków obiegu wody na stokach w wyniku zmiany zbiorowisk roślinnych.

Jednym ze wskaźników antropopresji jest gęstość zaludnienia. W 1931 r. na obszarze 243 km^2 w zlewni górnej Ropy gęstość zaludnienia wynosiła 53 osoby/km^2, w 1950 r. mniej niż 12 osób/km^2, w 1960 r. — 18 osób/km^2. W 1975 r. gęstość zaludnienia nie osiągnęła nawet połowy stanu z 1931 r. (Maryański 1962, Soja 1978). Porównując gęstość zaludnienia w całej zlewni Wisłoki w dwu przekrojach czasowych — w 1950 r. i 1983 r. stwierdzono, że ogólnie liczba ludności nie uległa większym zmianom, ale zmniejszyła się liczba ludności na wsi. W 1950 r. gęstość zaludnienia wsi wynosiła 64 osoby/km^2, a w 1980 r. tylko 49 osób/km^2.

Na podstawie prac (Maryański 1962, Hryncewicz 1959, Zabierowska 1967) można przyjąć, że przed przeprowadzeniem akcji wysiedleń grunty orne we wsiach Beskidu Niskiego zajmowały 33—55%, a użytki zielone 15—20%. W 1976 r. w 14 wsiach położonych w górach grunty orne zajmowały 4—12% powierzchni, użytki zielone 26—32%, a lasy 54—70% (Soja 1978). Zbliżone wielkości podaje J. Lach (1975) dla zlewni Sękówki. Mimo upływu lat struktura użytkowania ziemi w Beskidzie Niskim nie ulegała większym zmianom. Z obserwacji terenowych wynika, że jest ona trwała, a nawet istnieje tendencja całkowitego eliminowania uprawy roli na rzecz użytków zielonych i pastwisk. Drugi, bardzo ważny

http://rcin.org.pl

z punktu widzenia obiegu wody element środowiska, jakim są lasy, również uległ bardzo znacznym przemianom. Powszechnie dominują lasy młode z dużym udziałem olszy, brzozy i sztucznie wprowadzanej sosny. Lasy te nie odgrywają w obiegu wody takiej samej roli jak różnowiekowe, mieszane lasy z uwagi na niewykształcony w pełni profil gleb leśnych. Znacznemu obniżeniu uległa granica rolno-leśna, która przed 1947 r. sięgała nawet 700 m npm., a współcześnie sięga den dolin położonych na wysokości 400 m npm.

Przemiany środowiska w obszarze górskim zapoczątkowane zostały w jednakowym czasie na dużym obszarze, a potem następowała powolna ewolucja środowiska. Proces ten wystąpił na około 1/4 powierzchni całej zlewni Wisłoki, ale wyłącznie w jej południowej części. W pozostałej części zlewni zmiany w strukturze użytkowania nie odbiegały od zmian, jakie zachodziły na całym Pogórzu. Nie wystąpiły żadne istotne zmiany ani powierzchni leśnej, ani składu gatunkowego lasów, ponieważ lasy na pogórzu zajmują wyłącznie obszary nieprzydatne dla rolnictwa. Po 1951 r. wzrastała liczba rolnych działek, zmieniły się sposoby uprawy roli (mechanizacja prac) oraz transportu, a co za tym idzie pogorszeniu musiały ulec infiltracyjne i retencyjne właściwości gleb. Bardzo prawdopodobnym skutkiem tego procesu może być zwiększenie odpływu. W podobny sposób, to znaczy w kierunku przyspieszenia obiegu wody, wpływają prace melioracyjne przeprowadzane głównie w dnach dolin. Jednoznaczne określenie kierunku zmian obiegu wody w obszarze pogórza nie jest możliwe. W ostatnim 30-leciu zachodziły także procesy, które sprzyjały zmniejszeniu odpływu, na przykład wzrost wydajności plonów, wzrost zapotrzebowania na wodę w wyniku uprzemysłowienia itp.

TENDENCJE ZMIAN OPADÓW I ODPŁYWU

OCENA ZMIAN OPADÓW

Dla ośmiu stacji opadowych (tab. 1) obliczono równania regresji i istotność otrzymanych zależności. Dla wszystkich stacji otrzymano dodatnie wartości współczynnika regresji, czyli na całym obszarze zlewni w ciągu ostatnich 30 lat występowałaby tendencja wzrostu rocznych sum opadów. Największe wartości współczynnika regresji, rzędu 3—5 mm/rok, otrzymano dla wschodniej i północnej części zlewni. W kierunku zachodnim wartości współczynnika maleją do 1 mm/rok (Wysowa, Grybów). Wszystkie obliczone współczynniki regresji są jednak nieistotne, jedynie dla posterunku Jasło wielkość regresji rocznej sprawdzana testem *t* Studenta jest zbliżona do granicy istotności. Dla okresu 1951—1970, dla dorzecza Ropy (Soja 1978) otrzymano identyczny rozkład przestrzenny współczynników regresji rocznych sum opadów.

http://rcin.org.pl

OCENA ZMIAN ODPŁYWU

Ocenę zmian odpływu dokonano na podstawie prostej regresji. Tendencję zmian odpływu Wisłoki w profilu wodowskazowym w Mielcu (powierzchnia zlewni — 3915 km²), w latach 1951—1980 wyraża zależność o postaci $y = 0{,}3928x - 736{,}4189$ (oznaczenia jak wcześniej). Dla Wisłoki w Krajowicach (powierzchnia zlewni 2093 km²) odpowiednie równanie ma postać $y = 0{,}3923x - 748{,}3244$.

Dla innych posterunków wodowskazowych w zlewni Wisłoki współczynniki regresji w obliczonych równaniach zestawiono w tabeli 2, gdzie znajduje się także ocena istotności związku.

We wszystkich przekrojach wodowskazowych, dla których analizowano dane, otrzymano dodatnie wartości współczynnika regresji, czyli w jednostce czasu przepływ wzrastał. Stosując jako kryterium istotności wartość średniego błędu współczynnika korelacji (Stachy 1971) otrzymano dla wszystkich posterunków wodowskazowych zależności istotne.

Tabela 2

Współczynniki regresji równań określających zmianę odpływu w okresie 1951-1980

Rzeka	Posterunek	Powierzchnia zlewni w km²	Współczynnik regresji w m³/s	Charakter zależności
Ropa	Ropa	243	0,020	nieistotna
Ropa	Klęczany	482	0,076	istotna
Ropa	Topoliny	970	0,153	istotna
Sękówka	Gorlice	121	0,038	istotna
Jasiołka	Jedlicze	344	0,025	nieistotna
Wisłoka	Żmigród	341	0,045	nieistotna
Wisłoka	Żółków	581	0,135	istotna
Wisłoka	Krajowice	2099	0,392	istotna
Wisłoka	Mielec	3915	0,393	istotna
Grabinka	Grabiny	180	0,021	na granicy istotności
Wielopolka	Brzeźnica	480	0,055	na granicy istotności

Wykorzystując drugie, ostrzejsze kryterium, czyli test *t* Studenta stwierdzono, że dla trzech posterunków zależności są nieistotne. Są to Jasiołka — Jedlicze, Ropa — Ropa, Wisłoka — Żmigród. Na granicy istotności są związki dla posterunków Grabinka — Grabiny i Wielopolka — Brzeźnica. W pozostałych posterunkach wodowskazowych zależności są istotne Ropa — Klęczany, Ropa — Topoliny, Sękówka — Gorlice, Wisłoka — Żółków, Wisłoka — Krajowice, Wisłoka — Mielec. Stwierdzenie to upoważnia do przyjęcia tezy, że w latach 1951—1980 nastąpił wzrost odpływu ze zlewni Wisłoki. Wzrost odpływu nie nawiązuje do wzrostu opadów. Wynika z tego wniosek, że czynnikiem zwiększającym odpływ są przyczyny pozaklimatyczne. Jedną z przyczyn, zapewne nie jedyną, są zmia-

http://rcin.org.pl

ny w użytkowaniu ziemi i przemiany, jakie zaszły w środowisku zlewni w ostatnich 30 latach.

Porównanie wzrostu odpływu i opadów w sposób bezpośredni nie jest możliwe. Pewien przybliżony szacunek otrzymać można przeliczając wzrostową tendencję odpływu wyrażoną w m^3/s na wskaźnik odpływu wyrażony w mm, a następnie porównując otrzymany wynik z opadami. Dla Wisłoki w Krajowicach współczynnik regresji odpływu wynosi 0,392 m^3/s, co w ciągu roku daje wskaźnik odpływu w wysokości 5,91 mm. O taką więc wartość (plus pewna nieznana nadwyżka wynikająca z nieliniowej zależności opad—odpływ) winny co roku wzrastać opady. Tymczasem średnia wartość tendencji dla rocznych sum opadów dla 6 stacji położonych w tej części zlewni wynosi 3,45 mm/rok. Dla zrekompensowania odpływu wielkość regresji rocznej winna być 2—3 razy większa.

Kontrolę poprawności otrzymanych wyników dotyczących wzrostu odpływu można przeprowadzić przez analizę wielkości współczynników regresji w profilu podłużnym rzeki. W żadnym wypadku nie wystąpiły wielkości sprzeczne, to znaczy współczynnik regresji w przekroju położonym wyżej nie był większy od współczynnika obliczonego dla przekroju leżącego poniżej, w dół biegu rzeki. Sumując wielkości współczynników otrzymano dla Ropy w Topolinach i Wisłoki w Żółkowie wartość 0,284 m^3/s, a dla profilu Wisłoki w Krajowicach, zamykającego dwie wyżej wymienione zlewnie oraz zlewnię Jasiołki, wartość 0,392 m^3/s.

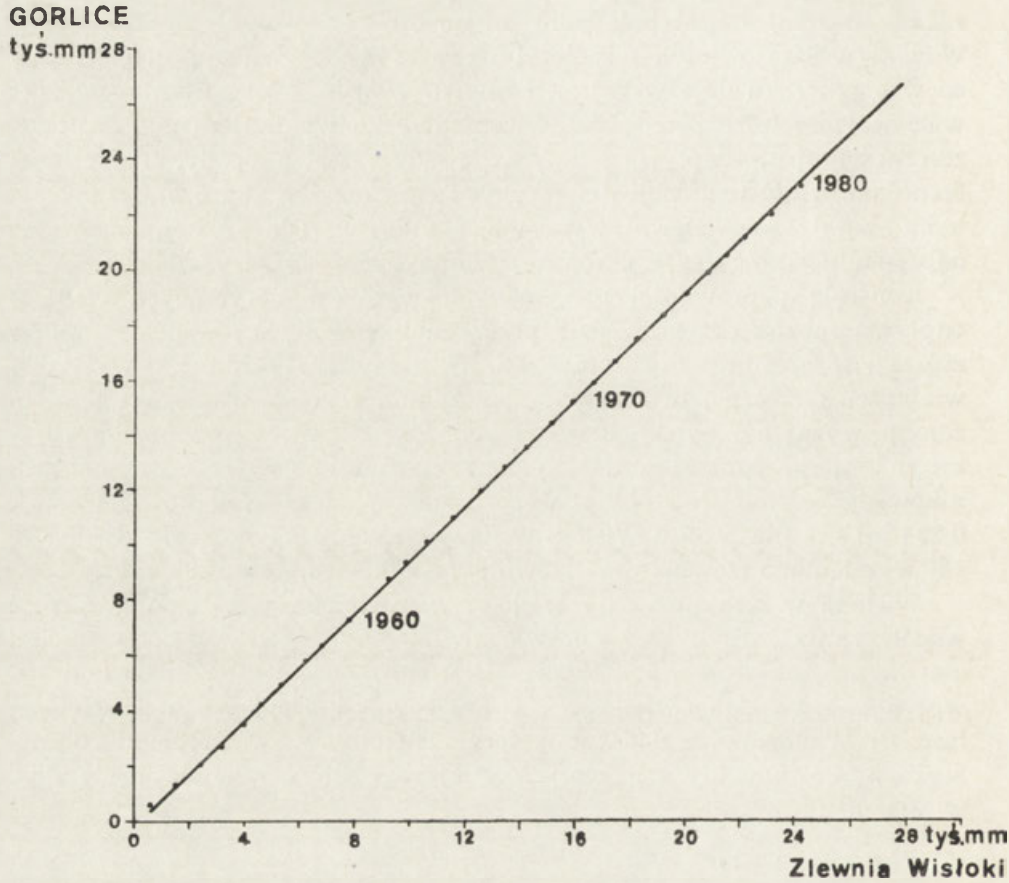
Wisłoka w Krajowicach i Wisłoka w Mielcu mają tę samą wielkość współczynnika, czyli przy prawie dwukrotnym wzroście powierzchni zlewni nie ma zmian. Podgórska i kotlinowa część zlewni Wisłoki nie wpłynęła na zmianę wielkości rocznej regresji. Dopływy Wisłoki Grabinka i Wielopolka z dodatnimi, lecz nieistotnymi, wartościami rocznej regresji nie zmieniły wielkości rocznej regresji obliczonej dla Wisłoki w Mielcu.

OCENA ZMIAN ODPŁYWU DOKONANA NA PODSTAWIE PODWÓJNEJ KRZYWEJ KUMULACYJNEJ

Dla zbadania kiedy w okresie 30 lat zaczęła się zmiana odpływu i jaki jest charakter zmian, powolny czy gwałtowny, zastosowano zalecaną w takich wypadkach metodę podwójnych krzywych kumulacyjnych (Dynowska, Jankowski, Soja 1985). Porównano roczne sumy opadów w zlewni Wisłoki, obliczone ze średniej arytmetycznej z 8 stacji pomiarowych, z rocznymi sumami dla poszczególnych stacji. Na rycinie 2. przedstawiono jeden przykład, zlewnię Wisłoki i Gorlice. Jak widać wykres tworzy linię prostą bez odchyleń, co świadczy o tym, że sumy roczne nie ulegały okresowym wahaniom. W ten sposób potwierdzone zostały wyniki otrzymane na drodze obliczonych równań. Na tle takiego przebiegu opa-

http://rcin.org.pl

du w 30 latach odmiennie przedstawia się przebieg odpływu (ryc. 3, 4, 5). Zastosowano tę samą metodę porównując sumy odpływu wyrażone w wartościach średniego rocznego przepływu (m^3/s) Wisłoki w Mielcu i w Żółkowie (ryc. 3). Jak wcześniej wspomniano, wodowskaz Żółków

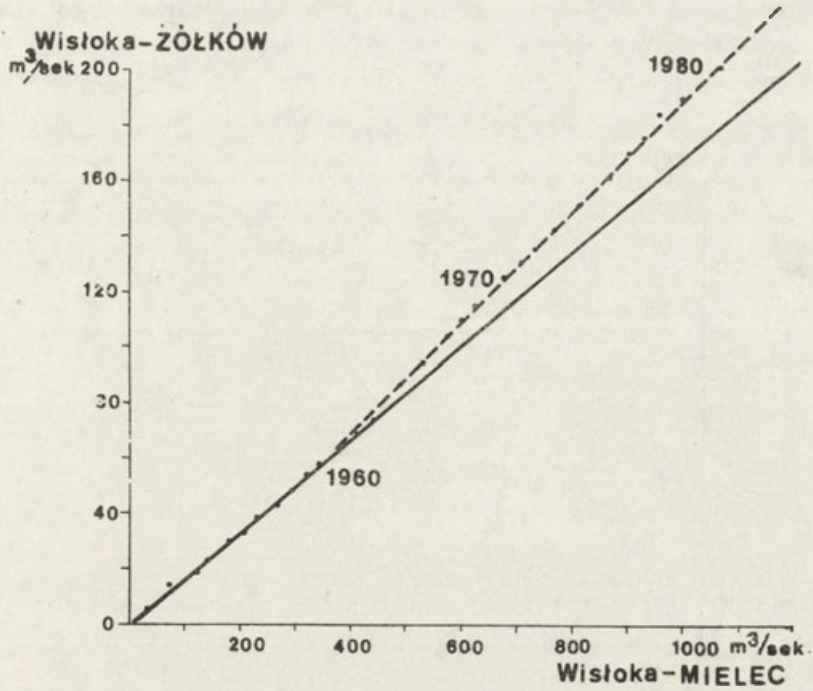


Ryc. 2. Podwójna krzywa kumulacyjna rocznych sum opadów w całej zlewni Wisłoki i w Gorlicach

Double mass curve of annual totals of atmospheric precipitation in the entire Wisłoka drainage area and in Gorlice

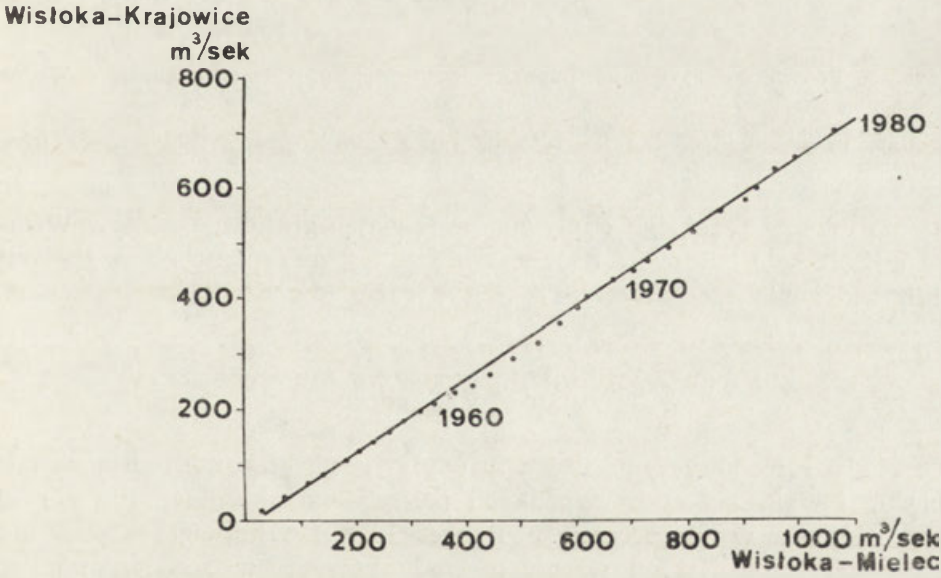
zamyka najbardziej przeobrażoną część zlewni górnej Wisłoki. Wykres zależności jest wyraźnie dwudzielny; wyróżnić można dwie proste, które przecinają się w latach 1958—1961. Po 1961 r. zwiększył się odpływ ze zlewni Wisłoki do Żółkowa w porównaniu z całą zlewnią. Zmiana ta nie ma charakteru gwałtownego. Układ punktów wskazuje raczej na stopniowe, z roku na rok wzrastające tempo zmian. Analizując w podobny sposób związek między odpływem Wisłoki w Krajowicach i w Mielcu (ryc. 4) otrzymano dość złożony wykres, w którym trudno dopatrzeć

http://rcin.org.pl



Ryc. 3. Podwójna krzywa kumulacyjna odpływu Wisłoki w Mielcu i w Żółkowie

Double mass curve of the Wisłoka River run-off in Mielec and Żółków

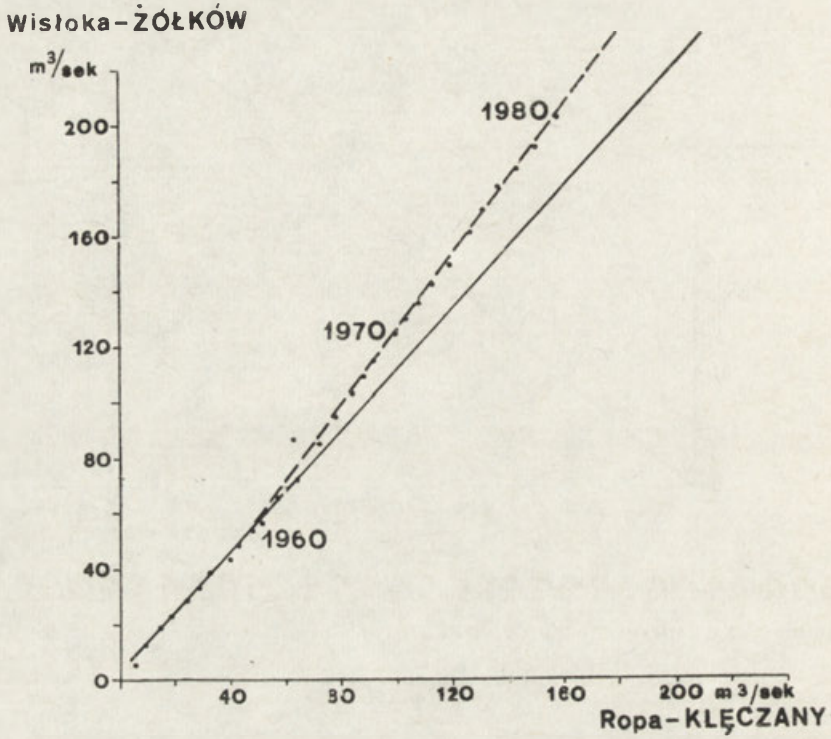


Ryc. 4. Podwójna krzywa kumulacyjna odpływu Wisłoki w Mielcu i w Krajowicach

Double mass curve of the Wisłoka River run-off in Mielec and Krajowice

http://rcin.org.pl

się prawidłowości. W latach sześćdziesiątych udział górskiej, południowej części zlewni w odpływie Wisłoki w Mielcu wyraźnie wzrasta, a na początku lat siedemdziesiątych wraca do normy. Trudno znaleźć wyjaś-



Ryc. 5. Podwójna krzywa kumulacyjna odpływu Ropy w Klęczanach i Wisłoki in Żółków

Double mass curve of the Ropa River run-off in Klęczany and Wisłoka River run-off in Żółków

nienie takiego przebiegu odpływu. Zestawiając graficznie odpływ Wisłoki w Żółkowie i Ropy w Klęczanach (ryc. 5), otrzymano obraz zbliżony do przedstawionego na rycinie 3., jest wyraźnie dwudzielny.

ZMIANY ODPŁYWU WISŁOKI W PORÓWNANIU Z TENDENCJĄ ZMIAN W CAŁEJ POLSCE

Poglądy na przyczyny zmian w odpływie na obszarze Polski są rozbieżne i w krańcowych wypadkach polegają na akceptacji lub negacji roli człowieka w tym procesie. J. Punzet (1972, 1981) stwierdza, że w bieżącym stuleciu nastąpił wzrost częstości powodzi w zachodniej części Karpat do Dunajca włącznie. Na wschód od Dunajca zjawisko to nie występuje, co wiązane jest ze zmianami w użytkowaniu ziemi w tej części

http://rcin.org.pl

Karpat. J. Stachy w wielu pracach (m.in. 1967, 1971, 1984), decydującą rolę w powstawaniu stwierdzanych przez niego zmian odpływu z obszaru Polski, przypisuje czynnikom klimatycznym i zaprzecza wzrostowi powodziowości w skali całej Polski (Stachy, Nowak 1977). W zlewniach średniej wielkości zjawisko zmian przebiegu odpływu w ciągu roku (w przedziałach miesięcznych) może wystąpić w połączeniu ze zmianą ilości odpływającej wody, a jednocześnie fakt ten może pozostać niezauważalny w materiałach hydrologicznych odnoszących się do zlewni dużej. Zlewnia Wisłoki zajmuje nieco więcej niż 2% powierzchni dorzecza Wisły, a średni roczny odpływ wynosi około 4% rocznego odpływu z dorzecza Wisły.

Dla całej Polski J. Stachy obliczył równanie regresji opisujące zmianę odpływu w latach 1951—1980. Współczynnik regresji w równaniu ma znak dodatni i wynosi 0,733 mld m^3/rok, co po przeliczeniu na wartości przepływu wyrażone w m^3/s, odpływu jednostkowego (w l/s km^2) i wskaźnika odpływu (w mm) zestawiono z takimi samymi danymi obliczonymi dla Wisłoki w dwu przekrojach wodowskazowych. Wielkości zawarte w poniższym zestawieniu wskazują, o jaką wartość w ciągu jednego roku wzrastał przepływ, odpływ jednostkowy i wskaźnik odpływu, a po pomnożeniu przez 30 otrzymać można wartości dla całego okresu.

	Polska wg Stachy 1984	Wisłoka w Mielcu	Wisłoka w Krajowicach
przepływ w m^3/s	32,2	0,393	0,392
odpływ jednostkowy w l/s km^2	0,07	0,10	0,19
wskaźnik odpływu w mm	2,3	3,1	5,9

Z porównania widać wyraźnie różnicę między zlewnią Wisłoki a całą Polską i różnicę między całą zlewnią Wisłoki a jej południową częścią (do Krajowic). Odpływ jednostkowy i wskaźnik odpływu w Krajowicach są prawie dwukrotnie wyższe, a wzrost odpływu Wisłoki wyrażony w m^3/s jest jednakowy, mimo dużej różnicy zlewni i odmiennych warunków formowania odpływu. Odpływ ze zlewni Wisłoki w stosunku do odpływu z obszaru całej Polski jest zdecydowanie wyższy, pomimo że zlewnia Wisłoki pozostawała w badanym trzydziestoleciu poza strefą zasięgu największych powodzi.

W latach 1951—1980 można wyróżnić dwa okresy o różnej wilgotności. Lata 1951—1964 to okres o niskich opadach, a lata 1965—1980 były okresem o stosunkowo wysokich opadach. Prawidłowość ta dotyczy całej Polski i dla wymienionych okresów J. Stachy (1984) obliczył opad i odpływ. Podobne obliczenia zostały wykonane dla zlewni Wisłoki do Krajowic. Podstawą obliczeń były średnie arytmetyczne wartości rocznych sum opadów dla stacji położonych w zlewni; odpływ obliczano jako

http://rcin.org.pl

średnią arytmetyczną wartość dla dwóch okresów. Przyjęcie za podstawę obliczeń wartości średnich arytmetycznych daje oczywiście wyniki nieco odmienne od wyników otrzymanych z równań regresji. Przedstawiony tok obliczeń pozwala na porównanie dwu okresów, co nie było możliwe za pomocą wcześniej stosowanych metod. Wyniki obliczeń są następujące.

W okresie 1965—1980 na obszarze Polski (w stosunku do lat 1951—1964) nastąpił wzrost opadów o 74 mm, czyli o 13%, a odpływ z obszaru Polski wzrósł w tym samym okresie o 38 mm, czyli o 25% (obliczenia wykonano na podstawie danych zamieszczonych w pracy J. Stachy 1984). W zlewni Wisłoki do Krajowic w tych samych okresach wzrost opadu wynosił 82 mm, co daje wartość 11%, a odpływ wzrósł o 116 mm, czyli o 41%. Wzrost opadu w wartościach procentowych (11% i 13%) jest prawie jednakowy, niewielka jest także różnica w wartościach bezwzględnych (74 mm i 82 mm) między Polską a południową częścią zlewni Wisłoki. Odpływ natomiast, tak w wartościach procentowych (25% i 41%), jak i w wartościach bezwzględnych (38 mm i 116 mm) był zdecydowanie różny. W zlewni Wisłoki w okresie 1965—1980 wzrost odpływu prawie o 1/3 przekraczał wzrost opadów (przyrost opadów wynosił 82 mm, a przyrost odpływu 116 mm). Zakładając istnienie pewnego błędu wynikającego z uproszczeń trudno przyjąć, aby możliwy był tak wielki przyrost odpływu inaczej niż przez zmianę warunków transformacji opadu w odpływ.

PODSUMOWANIE

Wzrost odpływu ze zlewni Wisłoki zaznacza się wyraźnie w jej południowej, górskiej części, gdzie wystąpiły duże zmiany użytkowania ziemi. W dalszym biegu Wisłoki, w obszarze Pogórza i Kotliny Sandomierskiej, nie stwierdzono zmiany wielkości odpływu, chociaż wydaje się, że przy zastosowaniu bardziej wnikliwych metod badawczych zmiany te mogłyby się ujawnić. Pytanie, w jakim stopniu wzrost odpływu wynika ze wzrostu opadów, a w jakim stopniu przyczyniają się do tego zmiany w środowisku, należy na razie pozostawić bez odpowiedzi. Wydaje się jednak, że w wypadku zlewni Wisłoki wzrost opadów odegrał rolę drugorzędną, co potwierdza analiza przestrzennego zróżnicowania opadów. Nie ma zasadniczych różnic w tendencjach zmian opadów między południową a północną częścią zlewni. Wzrost odpływu ograniczony jest do południowej części zlewni i wynika głównie z pozaklimatycznych przyczyn. Proces przemian środowiska geograficznego południowych części zlewni Sanu, Wisłoka, Wisłoki, Białej Tarnowskiej zapoczątkowany w 1945 r. trwa dotychczas. Jednym z zauważalnych skutków jest wzrost odpływu, co należy uznać za okoliczność bardzo korzystną z uwagi na wzrost zasobów wodnych. Dalsze badania winny zmierzać do wyjaśnienia mechanizmu zmian, które doprowadziły do wzrostu odpływu.

http://rcin.org.pl

LITERATURA

Dynowska I., Jankowski A. T., Soja R., 1985, *Metody oceny wpływu gospodarczej działalności człowieka na odpływ*, Folia Geogr., ser. Geographia-Physica, 17, s. 104—109.

Hidore J., 1966, *Fifty-year linear trends of runoff on selected watersheads in the United States*, J. of Hydrology, 4.

Hryncewicz Z., 1959, *Łąki i pastwiska Beskidu Niskiego pod względem geobotanicznym i gospodarczym*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 19.

Kaczorowska Z., 1962, *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*, Prace Geogr., 33.

Lach J., 1975, *Ewolucja i typologia krajobrazu Beskidu Niskiego z uwzględnieniem gospodarczej działalności człowieka*, Prace Monogr. WSP Kraków.

Maryański A., 1962, *Współczesne migracje ludności w południowej części pogranicza polsko-radzieckiego i ich wpływ na rozmieszczenie sił wytwórczych tego obszaru*, WSP Kraków.

Punzet J., 1972, *Tendencje zmian przebiegu wielkich wód w dorzeczu górnej Wisły*, Wiad. Sł. Hydr. Met., 3—4.

— 1981, *Zmiany w przebiegu stanów wody w dorzeczu górnej Wisły na przestrzeni 100 lat (1870—1970)*, Folia Geogr., ser. Geographica-Physica, 14, s. 5—28.

Soja R., 1978, *Stosunki wodne zlewni Bystrzanki i Ropy (Beskid Niski)*, Rkps, Kraków,

— 1980, *Tendencje zmian odpływu ze zlewni Ropy w latach 1951—1970*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 235.

Stachy J., 1967, *O niekorzystnych zmianach odpływu rzek polskich w bieżącym stuleciu*, Gosp. Wodna, 10.

— 1971, *Z zagadnień wieloletniej zmienności odpływu rzecznego w Polsce*, Gosp. Wodna 1, 2.

— 1984, *Odpływ rzek polskich w latach 1970—1980 na tle danych wieloletnich*, Gosp. Wodna, 5, 6.

Stachy J., Nowak H., 1977, *Przyczynek do zagadnienia zmian reżimu wezbraniowego rzek polskich*, Gosp. Wodna, 8.

Wilgat T., Kowalska A., 1975, *Wpływ działalności gospodarczej na stosunki wodne Kotliny Sandomierskiej*, Dok. Geogr., 5—6.

Zabierowska D., 1967, *Analiza użytkowania ziemi w karpackim rejonie górskim*, Zesz. Kom. Zagosp. Ziem Górskich, 2.

CHANGE OF THE WISŁOKA RIVER RUN-OFF UNDER THE IMPACT OF THE HUMAN ACTIVITY

Summary

The Wisłoka river drainage area, covering 4.096 square kilometres, is situated in the south-eastern part of Poland. In the southern, mountainous part of that area, the displacement of population in 1945 was followed by huge changes in the structure of land use. Tillage nearly ceased to exist on an area of nearly 1.000 square kilometers, and deserted arable fields, meadows and pastures were taken over by forest plant communities. The changed land use should be reflected in the run-off from the drainage area.

Analyses of run-off from the Wisłoka river drainage area in the years 1951—1980 were made in nine water gauge sections against the background of atmo-

http://rcin.org.pl

spheric precipitation. Methods of linear regression and double mass curve were used, and changes of run-off from the Wisłoka river drainage area were confronted with changes of run-off from the total area of Poland.

No increase in annual totals of atmospheric precipitation was recorded. An increase was recorded, on the other hand, in average annual strem flow in that part of the drainage area which was most transformed. The increase in run-off is also present in the measurement profile closing the entire drainage area, but the changes were caused by the increase in run-off only in an area of some 1.000 square kilometers.

Translated by A. Dylewska

ИЗМЕНЕНИЕ СТОКА РЕКИ ВИСЛОКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Резюме

Водосборный бассейн р. Вислоки, площадью в 4,096 км^2, находится на юго-востоке Польши. В южной, горной части водосбора, в результате выселения жителей в 1945 г., произошли очень большие изменения структуры использования земли. На территории почти 1,000 км^2 почти совсем пересталась возделываться земля, а на покинутые пашни, луга и пастбища вторглись сообщества лесной растительности. Исходя из положения, что изменение использования земли должно отражаться в стоке из водосбора, был проанализирован сток на водосборной площади Вислоки в периоде 1951—1980 гг. в 9 водпостовых разрезах на фоне осадков. Были использованы методы линейной регрессии, двойной кумулятивной кривой, сравнялись также изменения стока в водосборе р. Вислоки в отношении измнений стока на территории всей Польши.

Не был обнаружен рост величины годовых сумм осадков, однако отмечался рост величины средних годовых расходов в наиболее преображённой части водосбора. Рост стока наблюдался также в последнем в водосборе измерительном профиле, однако причиной изменений является рост стока исключительно на территории около 1,000 км^2.

Перевела Э. Яворска

http://rcin.org.pl

JADWIGA ROTNICKA

WPŁYW REGULACJI KORYTA RZECZNEGO I MELIORACJI ZLEWNI NA ODPŁYW GÓRNEJ PROSNY

WSTĘP

Regulacja koryt rzecznych i wszelkie prace melioracyjne w zlewniach rzek nizinnych, prowadzone na potrzeby intensywnej produkcji rolnej, są zamierzoną ingerencją człowieka w naturalny układ stosunków wodnych, powodującą zmianę warunków transformacji opadu w odpływ. Skutkiem przekształcenia warunków formowania się odpływu rzecznego może być zmiana zarówno jego wielkości, jak i reżimu.

Jakościowa, a przede wszystkim ilościowa ocena zmian odpływu spowodowanych antropopresją nie jest zadaniem łatwym. Można wskazać przynajmniej dwie przyczyny, które w istotny sposób tę ocenę utrudniają.

Pierwsza z nich związana jest z nakładaniem się wpływu czynników antropogenicznych na naturalną zmienność odpływu powodowaną okresowymi zmianami klimatu. Dotyczy to głównie fluktuacji opadu atmosferycznego, który pozostaje w ścisłym związku korelacyjnym z odpływem rzecznym. Problem komplikuje się w najwyższym stopniu wtedy, gdy oddziaływania czynników: naturalnego i antropogenicznego wzajemnie się niwelują lub wtedy, gdy przyjmują jednokierunkową tendencję zmian.

Drugą przyczyną jest ograniczona możliwość konfrontacji wyników badań z powodu braku jednorodnych serii obserwacyjnych. Odpływ rzeczny reaguje rozmaicie, nawet skrajnie różnie, na takie same formy gospodarczej działalności człowieka, jeżeli są one prowadzone z niejednakowym natężeniem i w zlewniach różniących się pod względem warunków fizyczno-geograficznych. Porównywanie wyników badań z takich zlewni powoduje, że ocena zmian odpływu wywołanych antropopresją jest niejednoznaczna.

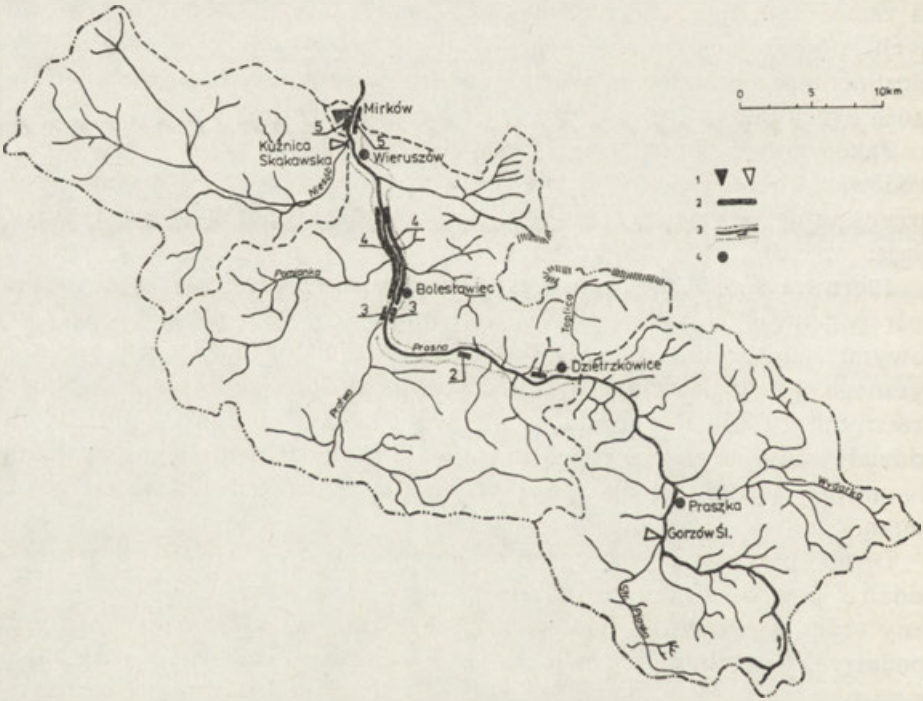
Podejmowane dotychczas badania nad wpływem melioracji na odpływ rzeczny również nie doprowadziły do jednoznacznych wyników. Pogląd o wzroście globalnego odpływu rocznego ze zlewni zmeliorowa-

http://rcin.org.pl

nych wyrażają m.in. J. Ostromęcki (1964) i A. G. Buławko (1971). Odmienne stanowisko zajmuje S. Ostrowski (1966) twierdząc, że zabiegi melioracyjne wywołują jedynie zmianę proporcji odpływu między poszczególnymi porami roku nie powodując zwiększenia całkowitej sumy odpływu rzecznego. E. Bajkiewicz-Grabowska (1975) mówi natomiast o zmniejszeniu odpływu rocznego i przekształceniu rytmu przepływu rzeki w okresie prowadzenia prac melioracyjnych.

Zmianę rozkładu odpływu w ciągu roku, przy zachowaniu stałej wielkości całkowitego odpływu rocznego, przypisuje się także zabiegom regulującym koryto rzeczne, polegającym na prostowaniu i skracaniu biegu rzek meandrujących, umacnianiu ich brzegów oraz budowie urządzeń piętrzących (Dębski 1978).

Regulacja rzek wykonywana jest z reguły łącznie z melioracją gruntów położonych w dolinie. Jej głównym celem jest przyspieszenie odpływu korytem rzecznym i ułatwienie odbioru wody z gruntów w okresie ich nadmiernego uwilgotnienia oraz doprowadzenie wody w czasie wy-



Ryc. 1. Zlewnia górnej Prosny wraz ze zlewnią Niesobu

1 — wodowskazy: podstawowy i okresowy; 2 — główne obiekty melioracyjne w dolinie Prosny nawadniane systemem podsiąkowym: 1) Łubnice, 2) Wójcin, 3) Bolesławiec, 4) Bolesławiec-Wieruszów, 5) Mirków; 3 — dolina Prosny; 4 — miejscowości wymienione w tekście

Upper Prosna drainage area together with the Niesób drainage area

1 — gauges: basic and seasonal; 2 — main melioration objects in the Prosna valley irrigated by infiltration: 1) Łubnice, 2) Wójcin, 3) Bolesławiec, 4) Bolesławiec-Wieruszów, 5) Mirków; 3 — Prosna valley; 4 — localities mentioned in the text

http://rcin.org.pl

stępowania niedoborów. Regulacja koryta rzecznego jest w zasadzie koniecznym warunkiem prawidłowo przeprowadzonej melioracji.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań mających na celu określenie rodzaju i skali zmian odpływu rzeki nizinnej spowodowanych pracami melioracyjnymi, a także regulacją koryta rzecznego. Szczególny nacisk położono na ilościową ocenę wpływu antropopresji, odnosząc ją zarówno do wielkości odpływu, jak i do reżimu odpływu.

Badaniami objęto część zlewni górnej Prosny, między ujściem jej prawostronnego dopływu — Toplicy a profilem wodowskazowym w Mirkowie (ryc. 1). Nadzieję na pomyślne rozwiązanie problemu badawczego dawały:

— znajomość zabiegów melioracyjnych i prac regulacyjnych oraz terminów ich wykonania,

— istnienie wiarygodnych i stosunkowo długich serii obserwacyjnych: czterdziestoletniej dla przepływów (1946—1985), a trzydziestoletniej dla opadów atmosferycznych i temperatury powietrza (1951—1980).

PRACE MELIORACYJNE I REGULACYJNE W ZLEWNI GÓRNEJ PROSNY

Zlewnia Prosny między ujściem rzeki Toplicy a Mirkowem jest położona na obszarach wysoczyznowych płaskich i lekko falistych zlodowacenia środkowopolskiego. Charakterystyczną cechą zlewni jest niewielki procent pokrycia lasami (13—16%) i brak jezior. Użytkowana jest ona rolniczo. Wśród form rolniczego wykorzystania ziemi ponad 10% zajmują trwałe użytki zielone, czyli łąki i pastwiska zakładane na gruntach zbyt wilgotnych dla innych upraw.

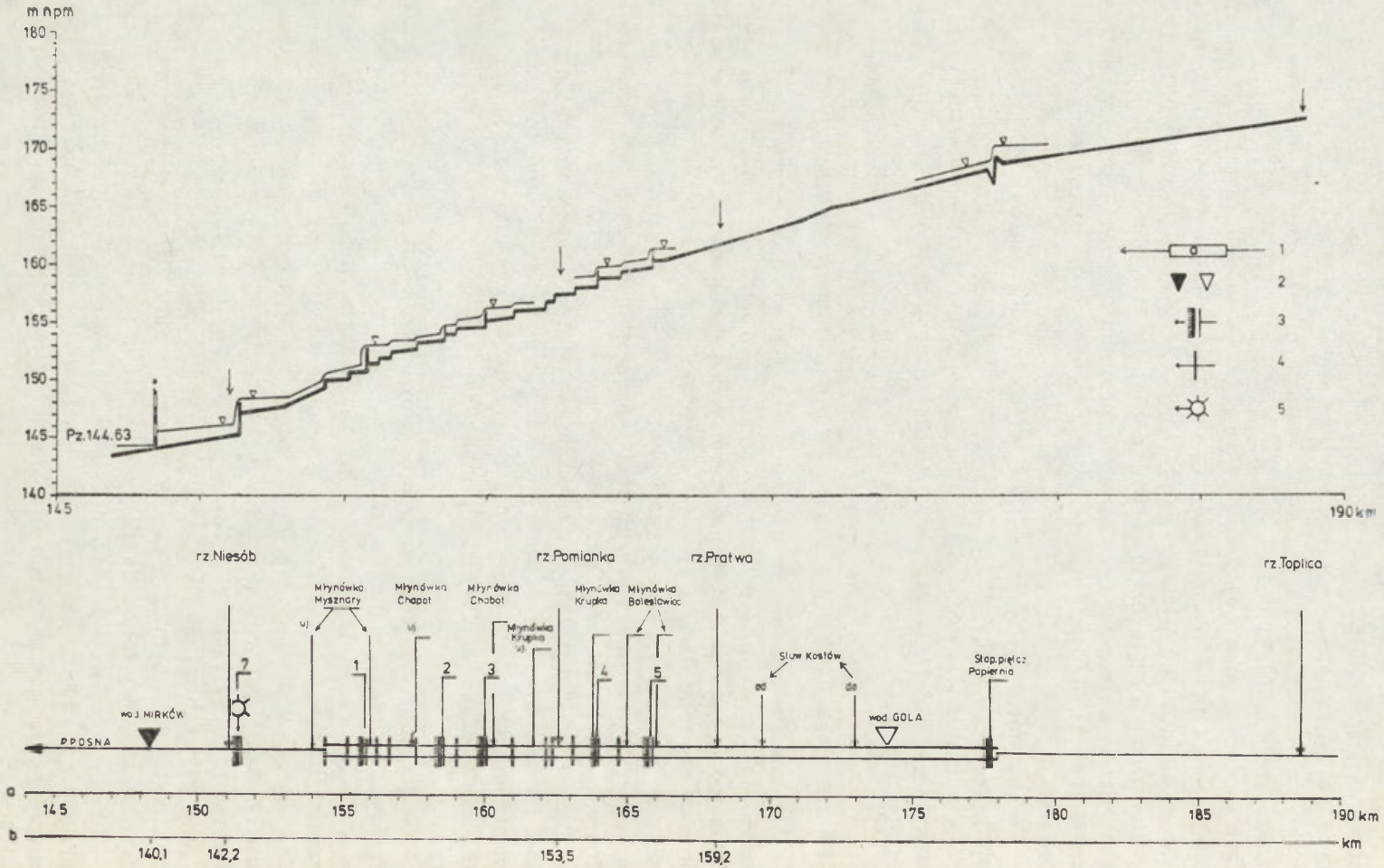
Dolina Prosny jest stosunkowo wąska, jej maksymalna szerokość wynosi 1,5 km. Koryto rzeki jest kręte i meandrujące, w dolnym odcinku wcięte na głębokość 3—5 m w dno doliny. Lokalne spadki rzeki są zmienne, często duże (do 1‰), uzależnione od zabudowy hydrotechnicznej (ryc. 2).

W gospodarczym oddziaływaniu człowieka na obieg wody w zlewni Prosny zaznaczają się dwa okresy.

Pierwszy okres, który można uznać za okres quasi-naturalnych warunków formowania się odpływu rzecznego, obejmujący lata 1946—1959. Charakteryzował się on wybitnie ekstensywnym użytkowaniem gruntów ornych, łąk i pastwisk. Znikomy był także stopień pozarolniczego wykorzystania wód rzecznych. Z licznie występujących niegdyś na Prośnie i jej dopływach młynów wodnych część została zlikwidowana już w okresie międzywojennym, a część w okresie wojny. Urządzenia piętrzące, młynówki i stawy młyńskie uległy dewastacji.

Drugi okres o stałej, wzmagającej się antropopresji obejmuje lata od 1960 r. do chwili obecnej. Początek tego okresu wyznaczony jest terminem podjęcia pierwszych prac melioracyjnych w dolinie Prosny i w jej zlewni.

http://rcin.org.pl



http://rcin.org.pl

Na podstawie opracowania A. Kamyszka (1978), materiałów archiwalnych pochodzących z Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej w Poznaniu i z Wojewódzkiego Zarządu Inwestycji Rolnych w Kaliszu, ustalono rodzaj i zakres prac regulacyjnych i melioracyjnych w zlewni górnej Prosny. Przedstawia się on następująco:

1. W okresie prawie dwudziestu pięciu lat, począwszy od 1960 r. zagospodarowaniem melioracyjnym objęto obszar blisko 9500 ha użytków rolnych, położonych głównie w dolinach Prosny oraz jej większych dopływów [1]. Prace melioracyjne przebiegały z niejednakowym natężeniem. W podziale na kilkuletnie okresy procent wykonania prac melioracyjnych kształtował się następująco:

1960—1963 — 8%,
1964—1970 — 26%,
1971—1974 — 5%,
1975—1981 — 59%,
po 1981 — 2%.

2. Koryto Prosny powyżej Mirkowa było regulowane w kilku etapach. Pierwsze prace regulacyjne wykonano już w 1959 r. Obejmowały one odcinek Prosny między Dzietrzkowicami a Praszką, czyli poza analizowanym odcinkiem rzeki (ryc. 1). Ich konsekwencją było pogorszenie warunków wodnych w dolinie rzecznej poniżej uregulowanego odcinka. Swobodnie spływająca z górnej części doliny woda, nie mogąc być odprowadzona z taką samą szybkością korytem nieuregulowanym, rozlewała się szeroko na obszar doliny i długo zatrzymując się powodowała postępujący proces zabagniania doliny. Utrudniało to, a miejscami uniemożliwiało, całkowicie eksploatację łąk. Regulacja tego odcinka Prosny wymusiła niejako uregulowanie dalszego biegu rzeki.

[1] Powierzchnię obszarów meliorowanych podano w przybliżeniu. Z materiałów archiwalnych nie wynika jednoznacznie, jaką część użytków rolnych drenowano po raz pierwszy, a na jakiej prowadzono odbudowę zniszczonych drenów i niedrożnych, istniejących już wcześniej kanałów melioracyjnych.

Ryc. 2. Profil podłużny Prosny i zabudowa hydrotechniczna koryta rzecznego

1 — uregulowany odcinek rzeki; 2 — wodowskazy: podstawowy i okresowy; 3 — jazy: 1) Mysznary, 2) Dobrygość, 3) Mieleszyn, 4) Piaski, 5) Chrościn, 6) Papiernia, 7) Wieruszów; 4 — progi; 5 — młyn wodny

Uwaga: Kilometraż rzeki przyjęto wg opracowania A. Kamyszka (1978) — skala a, dla porównania zamieszczono kilometraż Prosny według danych IMGW — skala b

Prosna river longitudinal profile and hydrotechnical embankments of the river channel

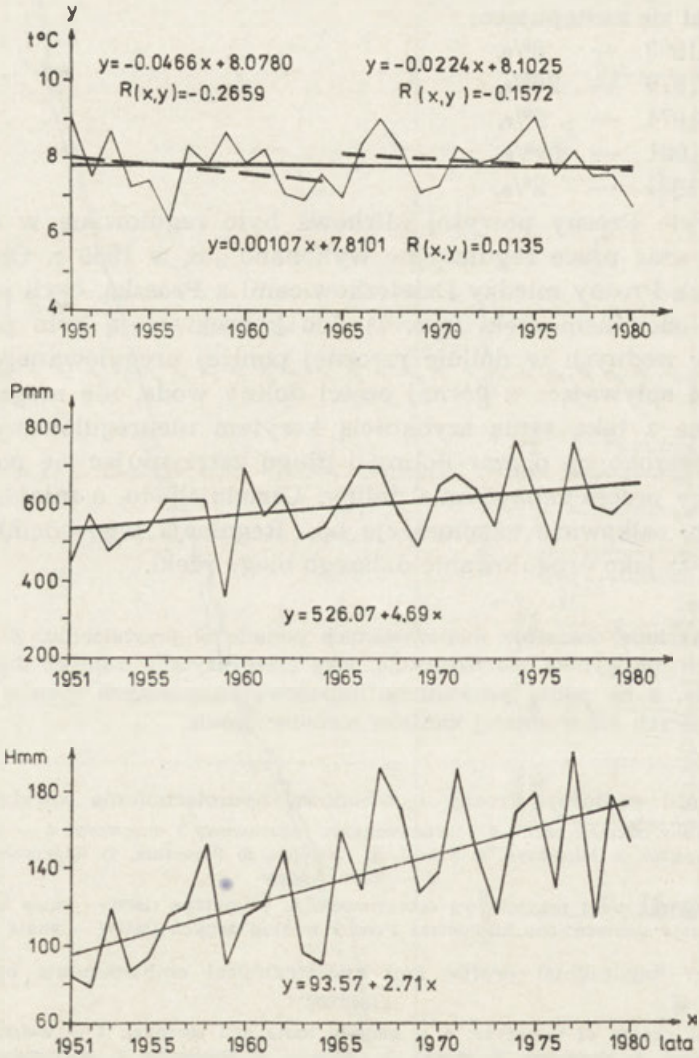
1 — regulated stretch of the river; 2 — gauges: basic and seasonal; 3 — weirs: 1) Mysznary, 2) Dobrygość, 3) Mieleszyn, 4) Piaski, 5) Chrościn, 6) Papiernia, 7) Wieruszów; 4 — river rapids; 5 — water mill

Note: The river's lenght in kilometres was taken after A. Kamyszek (1978) — scale a, for comparison the lenght of the Prosna river in kilometers is also given according to the data of the Institute of Meteorology and Water Management — scale b

http://rcin.org.pl

Zasadniczą część prac regulacyjnych w zlewni górnej Prosny przeprowadzono w latach 1964—1968 na odcinku rzeki między Bolesławcem a Dzietrzkowicami. W latach 1970—1972 regulowano koryto na odcinku między Bolesławcem a Wieruszowem. Drobne prace korygujące wykonano po 1976 r. Począwszy od 1983 r. zaczęto regulację koryta poniżej Wieruszowa (ryc. 1).

W wyniku prac regulacyjnych koryto Prosny uległo skróceniu o około 28%, a to spowodowało zwiększenie spadku, przyspieszenie odpływu i nasilenie procesów erozyjnych. W celu złagodzenia spadku podłużnego



Ryc. 3. Linie tendencji: temperatury (t°C), opadów (P), odpływu (H) w latach 1951—1980 w dorzeczu górnej Prosny

Lines of trend of: temperature (t°C), rainfall (*P*), and run-off (*H*) in the Upper Prosna River basin in the years 1951—1980

http://rcin.org.pl

rzeki i dla zapewnienia dostawy wody na zmeliorowane obszary doliny (nawadnianie podsiąkowe) wybudowano wiele stopni i jazów (ryc. 2). Obecnie na uregulowanym odcinku rzeki znajduje się 7 jazów, 11 progów redukujących nadmierny spadek, 14 różnego rodzaju mostów i jeden młyn.

ANALIZA ZMIAN ODPŁYWU W OKRESIE WIELOLETNIM NA TLE WARUNKÓW OPADOWYCH I TERMICZNYCH ZLEWNI

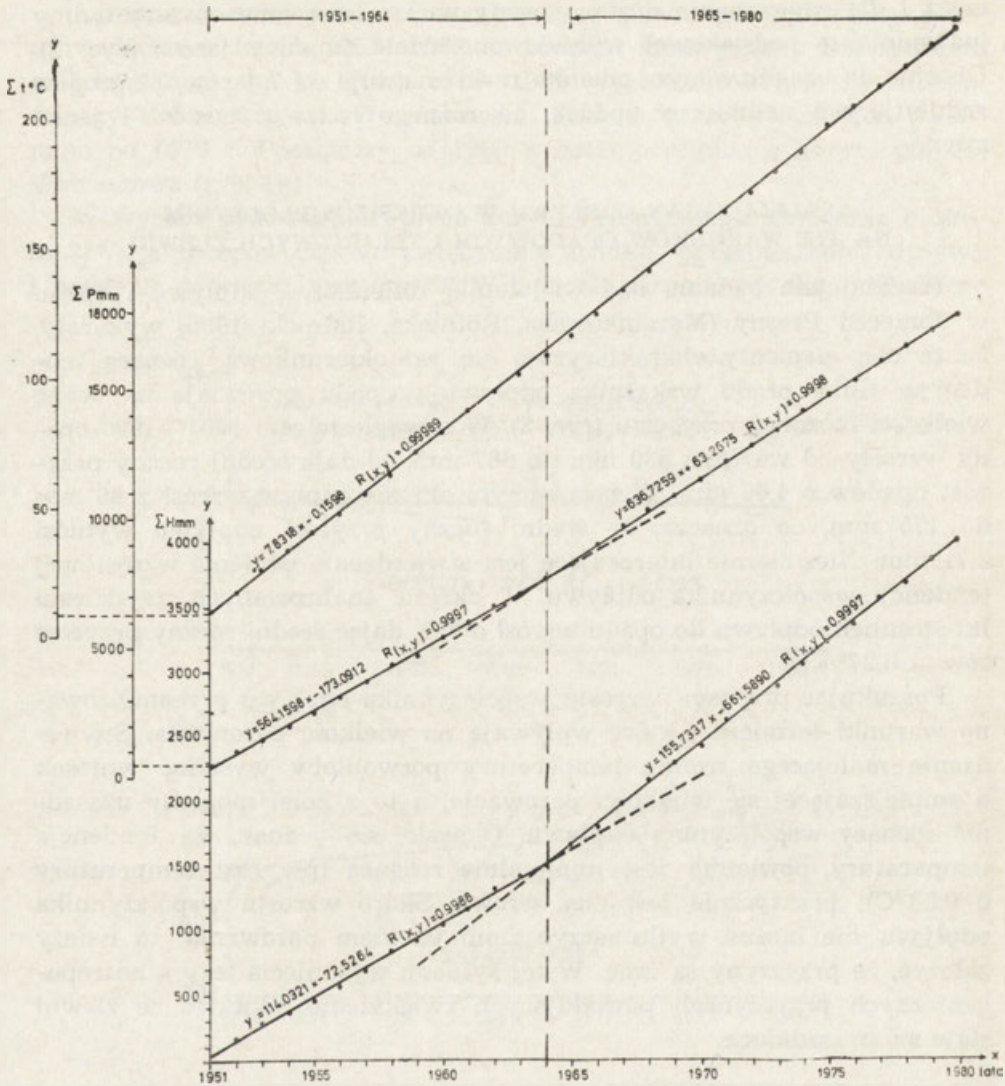
Wcześniejsze badania nad wieloletnią zmiennością odpływu i opadu w dorzeczu Prosny (Marcinkowska, Rotnicka, Rotnicki 1986) wykazały, że te oba elementy charakteryzują się jednokierunkową, rosnącą tendencją. Linie prądu wskaźnika odpływu i opadu pozwalają na ocenę wielkości rocznego przyrostu (ryc. 3). W trzydziestoleciu 1951—1980 opady wzrosły od wartości 530 mm do 667 mm, co daje średni roczny przyrost opadów o 4,69 mm. W tym samym okresie odpływ wzrósł z 96 mm do 175 mm, co oznacza, że średni roczny przyrost odpływu wyniósł 2,71 mm. Niezmiernie interesujące jest stwierdzenie istnienia wzrostowej tendencji współczynnika odpływu. W okresie analizowanych trzydziestu lat stosunek odpływu do opadu wzrósł o 8%, dając średni roczny przyrost równy 0,27%.

Poszukując przyczyn wzrostu współczynnika odpływu przeanalizowano warunki termiczne, które wpływają na wielkość parowania. Stwierdzenie malejącego trendu temperatury pozwoliłoby wysunąć wniosek o zmniejszającej się wielkości parowania, a to z kolei mogłoby uzasadnić rosnący współczynnik odpływu. Okazało się jednak, że tendencja temperatury powietrza jest minimalnie rosnąca (przyrost temperatury o 0,03°C); praktycznie jest ona zerowa. Skoro wzrostu współczynnika odpływu nie można wytłumaczyć zmniejszeniem parowania, to należy założyć, że przyczyny są inne. W tej sytuacji wysunięcie tezy o antropogenicznych przyczynach powodujących zwiększenie odpływu ze zlewni staje się uzasadnione.

ZMIANY ODPŁYWU SPOWODOWANE ANTROPOPRESJĄ

Zmierzając do określenia zmian wielkości odpływu spowodowanych antropopresją posługiwano się zarówno metodą regresji, jak i metodą podwójnej krzywej kumulacyjnej, na których przydatność wskazują I. Dynowska, A. T. Jankowski i R. Soja (1985). Metodą regresji wyznaczono dwa okresy o różnych warunkach kształtowania się odpływu i opadu (ryc. 4). Pierwszy z nich obejmuje lata 1951—1964, drugi — lata 1965—1980. Tempo przyrostu odpływu i opadu w wyodrębnionych okresach jest niejednakowe (ryc. 5). Stosunek nachylenia krzywych sumowych opadu z porównywanych okresów wynosi 1,13, a krzywych sumowych odpływu 1,39. Z kolei analiza podwójnej krzywej kumulacyjnej rocznych opadów i odpływów (ryc. 6) wskazuje dopiero na 1968 r. jako ten, od którego zaznacza się wyraźny wzrost odpływu.

http://rcin.org.pl



Ryc. 4. Linie regresji dla sumowych krzywych: temperatury (t°C), opadu P) i odpływu (H)

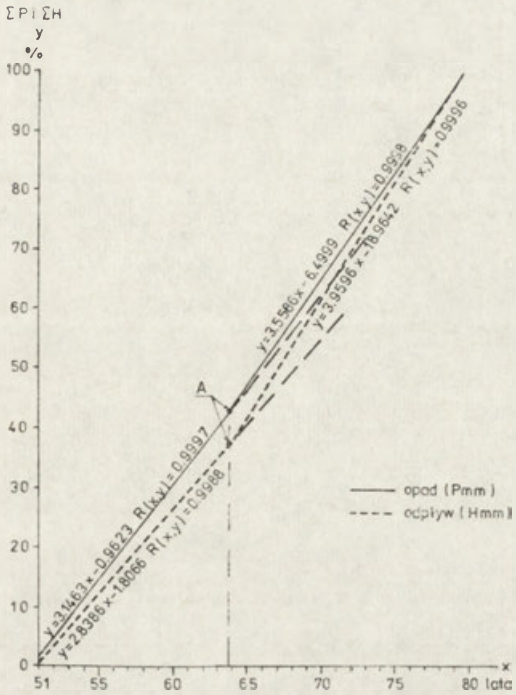
Linią przerywaną oznaczono koniec okresu o quasi-naturalnych warunkach odpływu

Lines of regression for sum curves of: temperature (t°C), rainfall (P) and run-off (H)

Dashed line marks the end of the period of quasi-natural conditions of run-off

Wiążąc moment zmiany przebiegu krzywej sumowej rocznego odpływu z terminami prac melioracyjnych i regulacyjnych można wykazać, że przypada on na początek intensywnych prac regulujących koryto Prosny, tj. na 1964 r. (ryc. 4 i 5). Natomiast moment zmiany przebiegu podwójnej krzywej kumulacyjnej opadu i odpływu (ryc. 6) pokrywa się z terminem zakończenia regulacji odcinka Prosny powyżej Bolesławca (1968 r.).

http://rcin.org.pl



Ryc. 5. Tempo przyrostu opadu i odpływu w latach 1951—1980
A — punkt zmiany tempa przyrostu elementu

Pace of rainfall and run-off increase in the years 1951—1980
A — point of change of pace of element's increase

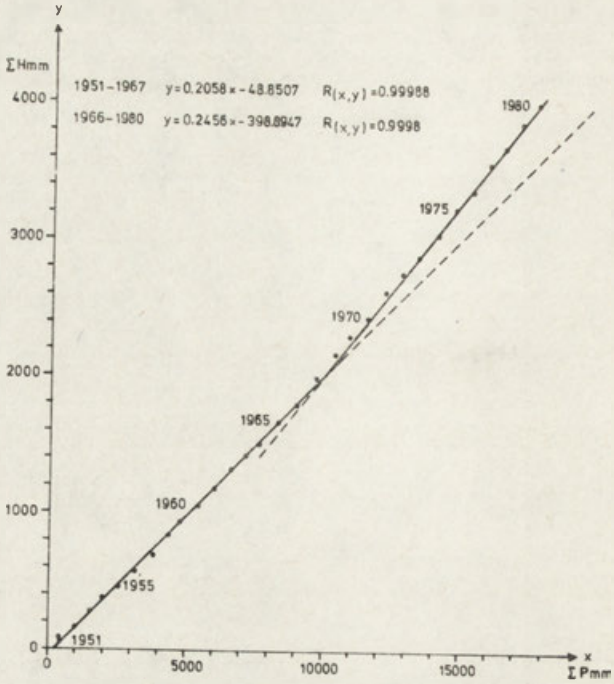
W celu możliwie wszechstronnej oceny wpływu gospodarczej działalności człowieka na zmianę odpływu Prosny porównano odpływ z jej zlewni z odpływem ze zlewni kontrolnej, w której kształtował się on w warunkach niezaburzonych (ryc. 7B). Jako kontrolną przyjęto zlewnię Niesobu (ryc. 1) [2]. Porównano także opady atmosferyczne w tych zlewniach (ryc. 7A), aby w wypadku stwierdzenia niejednorodności serii obserwacyjnej opadów nie wiązać zmian odpływu z czynnikiem antropogenicznym.

Uzyskane wyniki dowodzą, że do 1964 r. odpływ w obu zlewniach kształtował się pod wpływem warunków naturalnych. Potem odpływ w zlewni Prosny wyraźnie wzrósł. Seria odpływu Prosny od 1965 r. do 1980 r. nie jest jednak jednorodna. Od 1969 r. obserwujemy nieznaczne zmniejszenie się odpływu w stosunku do tego, jaki był w latach 1965—1969. Mimo to odpływ ze zlewni Prosny po 1969 r. jest nadal większy niż w okresie o niezaburzonych warunkach odpływu.

Oceniając zmiany odpływu Prosny pod kątem wyodrębnienia wpływu czynnika antropogenicznego przeprowadzono analizę odpływu w trzech okresach (tab. 1):

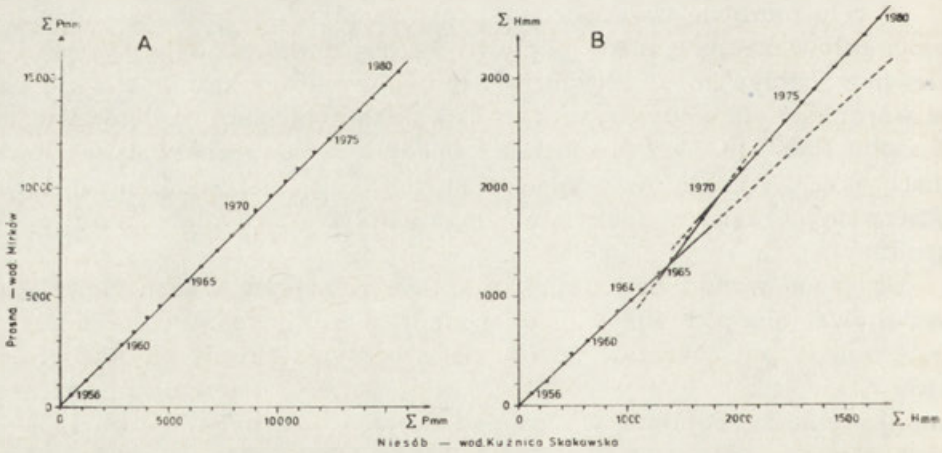
[2] Wniosek o niezaburzonych warunkach formowania się odpływu w zlewni Niesobu wysunięto na podstawie danych zawartych w pracy E. Szczepaniak (1987).

http://rcin.org.pl



Ryc. 6. Podwójna krzywa kumulacyjna rocznych opadów (P) i odpływów (H) w zlewni górnej Prosny

Dual cumulative curve of annual precipitation (P) and run-off (H) in the Upper Prosna drainage area



Ryc. 7. Podwójna krzywa kumulacyjna rocznych opadów (A) i rocznych odpływów (B) ze zlewni badanej (Prosna po Mirków) i zlewni kontrolnej (Niesób po Kuźnicę Skakawską)

Dual cumulative curve of annual precipitation (A) and annual run-off (B) in the investigated drainage area (Prosna up to Mirków) and check drainage area (Niesób up to Kuźnica Skakawska)

http://rcin.org.pl

Tabela 1

Charakterystyki opadu i odpływu dla zlewni górnej Prosny z okresu o quasi-naturalnych i okresu o przekształconych przez człowieka warunkach odpływu (badanie istotności różnic między charakterystykami okresu kalibracji i ewaluacji — test *t* Studenta)

Charakterystyki opadu i odpływu	Wskaźnik opadu $\bar{P}$ (mm)			Wskaźnik odpływu $\bar{H}$ (mm)			Współczynnik odpływu $\bar{H}/\bar{P}$ (%)			Średni roczny przepływ całkowity $\bar{Q}_c$ (m^3s^{-1})			Średni roczny przepływ gruntowy $\bar{Q}_g$ (m^3s^{-1})		
	Rok	Zima	Lato	Rok	Zima	Lato	Rok	Zima	Lato	Rok	Zima	Lato	Rok	Zima	Lato
Okres kalibracji 1951—1964	551	203	348	109	70	39	19,7	34,3	11,1	4,36	5,65	3,09	2,39	3,00	1,95
Zmiana warunków 1965—1968	676	270	406	163	109	54	24,1	40,0	13,3	6,57	8,85	4,32	3,17	4,06	2,53
Okres ewaluacji 1969—1980	626	231	395	154	99	55	24,6	43,0	13,8	6,13	7,93	4,33	3,17	4,26	2,42
Wartość statystyki *t* Studenta				odrzucenie hipotezy na podstawie testu dla $\bar{Q}_c$			3,834[b]			3,299[b]	3,451[b]	2,560[a]	3,613[b]	3,428[b]	2,322[a]

a Odrzucenie hipotezy $H_0 : x_1 = x_2$ na poziomie $\alpha = 0{,}05$.
b Odrzucenie hipotezy $H_0 : x_1 = x_2$ na poziomie $\alpha = 0{,}01$.

http://rcin.org.pl

1) 1951—1964 — kalibracji;
2) 1965—1968 — zmiany warunków (regulacja koryta);
3) 1969—1980 — ewaluacji.

Istotność różnicy między wartościami odpływu z okresu kalibracji i ewaluacji badano testem *t* Studenta. Każdorazowo testowano hipotezę H_0: $x_1 = x_2$ o równości wartości przeciętnych. Odrzucenie hipotezy pozwala wnioskować o istotnych różnicach w wartościach odpływu badanych serii obserwacyjnych.

Wyniki testu wskazują, że różnice odpływu Prosny między okresami sprzed i po wyraźnej ingerencji człowieka w obieg wody w zlewni są istotne (tab. 1). Na uwagę zasługuje jednak to, że zwiększenie odpływu Prosny powodują także opady atmosferyczne.

Ocenę wielkości wpływu antropopresji na odpływ wyprowadzono z rozumowania przedstawionego poniżej.

1. Jeżeli dwa zjawiska — opad i odpływ — wykazują jednokierunkową tendencję zmian i pozostają z sobą w prostoliniowym związku regresyjnym, to zmiana tempa przyrostu lub spadku jednego z nich w stosunku do tempa przyrostu lub spadku drugiego jest wskazówką pojawienia się czynnika zakłócającego. Wielkość wpływu czynnika zakłócającego można ocenić na podstawie porównania regresji opadu i odpływu z okresów przed i po jego pojawieniu się.

2. Jeżeli w przypadku jednokierunkowej tendencji zmian opadu i odpływu porównywane są dwie zlewnie, z których tylko jedna charakteryzuje się zaburzonymi warunkami odpływu, to zmiana wartości proporcji odpływu ze zlewni przekształconej do odpływu pochodzącego ze zlewni naturalnej (quasi-naturalnej) określa wielkość antropogenicznych zmian.

Stosunek nachylenia linii regresji opadu z okresu ewaluacji do linii regresji z okresu kalibracji wynosi 1,129 (ryc. 4) oraz 1,131 (ryc. 5), podczas gdy stosunek nachylenia linii regresji odpływu z tych samych okresów wynosi 1,366 (ryc. 4) oraz 1,395 (ryc. 5). Oznacza to, że w okresie ewaluacji przeciętny opad wzrósł o 12,9—13,1%, czyli o 71—72 mm, natomiast przeciętny odpływ zwiększył się o 36,6—39,5%. Odpowiada to wzrostowi przepływu o 1,60—1,72 m^3s^{-1}. Trudno jest jednak ocenić, jaka część przyrostu odpływu wywołana została trzynastoprocentowym wzrostem opadu, a jaka część została spowodowana antropopresją.

Pewną możliwość ilościowej oceny zmian odpływu spowodowanych gospodarczą działalnością człowieka daje porównanie przyrostu średnich wartości odpływu z okresu kalibracji i ewaluacji dla zlewni Prosny i kontrolnej zlewni Niesobu (ryc. 7). Podwójna krzywa kumulacyjna opadów w zlewniach Prosny i Niesobu (ryc. 7A) z okresu wieloletniego, obejmującego zarówno okres kalibracji, jak i ewaluacji, ma charakter regresji prostoliniowej, co świadczy o jednorodności związku między opadami w obydwu zlewniach. Tymczasem podwójna krzywa kumulacyjna odpływu dla tego samego wielolecia (ryc. 7B) nie ma charakteru regresji prostoliniowej. W jej przebiegu zaznaczają się dwa punkty ugięcia, któ-

http://rcin.org.pl

re odpowiadają terminom podjęcia i zakończenia najbardziej intensywnych prac melioracyjnych i regulacyjnych w dolinie Prosny. Odpływ ze zlewni Prosny, zaburzony po regulacji rzeki, jest w okresie ewaluacji większy od odpływu z naturalnej zlewni Niesobu. Stosunek nachylenia linii regresji odpływu z okresu o zaburzonych warunkach odpływu do linii regresji z okresu, w którym odpływ kształtował się pod wpływem warunków naturalnych wynosi 1,193, czyli 19,3%. Wartość ta informuje o wielkości antropogenicznego wpływu. Odnosząc to do bezwzględnych wartości przepływu (tab. 1), przyrost odpływu spowodowany antropopresją oceniono na 0,841 m^3s^{-1}.

Przeciętna wartość przepływu w okresie ewaluacji wynosi 6,13 m^3s^{-1} i jest o 1,77 m^3s^{-1} większa od wartości przepływu z okresu kalibracji (tab. 1). Ponieważ przyrost odpływu spowodowany antropopresją oceniono na 0,841 m^3s^{-1}, czyli na wartość mniejszą niż całkowity przyrost odpływu, to pozostałą część przyrostu odpływu można wiązać z opadami atmosferycznymi. Wzrost odpływu wywołany opadami atmosferycznymi wynosi zatem 1,77 — 0,841 = 0,929 m^3s^{-1}.

Zmiany reżimu odpływu przeanalizowano mniej szczegółowo. Badania wpływu gospodarczej działalności człowieka na reżim odpływu Prosny nie są jeszcze zakończone, a dotyczą one między innymi:

— nieregularności przepływu w skali roku i półroczy: zimowego i letniego,

— częstości występowania wezbrań o określonych przepływach kulminacyjnych,

— zmiany kształtu fal wezbraniowych i tempa ich formowania,

— zmiany kształtu krzywej sum czasów trwania przepływów.

W tabeli 2 zamieszczono wybrane wskaźniki przydatne do oceny antropogenicznych zmian reżimu odpływu. Porównanie przeciętnych wartości tych wskaźników dla okresów kalibracji i ewaluacji wskazuje na istotne zróżnicowanie szybkości odpływu korytem rzecznym. Świadczy o tym skrócenie czasu trwania wezbrań, skrócenie czasu przyboru i opadania fali wezbraniowej oraz zwiększenie średniego przepływu w okresie przejścia fali wezbraniowej. Nie stwierdzono jednak istotnych zmian w wysokości fali i wartościach przepływu kulminacyjnego.

Analiza zmienności przepływów, wyrażona współczynnikiem zmienności C_v, wskazuje na statystycznie istotne zwiększenie nieregularności przepływu w półroczu letnim, przy niezmienionej w zasadzie nieregularności przepływów w półroczu zimowym. Zwiększenie nieregularności przepływu w okresie lata wiąże się z pracą urządzeń piętrzących (jazów). Pobór wody do podsiąkowego nawadniania użytków zielonych wymaga piętrzenia wody i kierowania jej części na obszar doliny. Skutkiem tego jest zmniejszenie się przepływu w korycie rzecznym. Z otwarciem zastawki jazu wiąże się okresowe zwiększenie przepływu. Zimą i wiosną przy dostatecznym, a nawet nadmiernym, uwilgotnieniu użytków zielonych nie ma potrzeby okresowego tamowania wody, w związku z czym

http://rcin.org.pl

Tabela 2

Wskaźniki charakteryzujące zmiany reżimu odpływu górnej Prosny pod wpływem gospodarczej działalności człowieka

Wskaźnik / Okres	Czas trwania wezbrań (dni) zimowych roztopowych	Czas trwania wezbrań (dni) letnich opadowych	Tempo przyrostu fali roztopowej (dni)	Tempo opadania fali roztopowej (dni)	Średni przepływ wezbrania roztopowego (Q m^3s^{-1})	Średni przepływ kulminacyjny wezbrań roztopowych (Q m^3s^{-1})	Wysokość wezbrań roztopowych (cm)	Współczynnik zmienności przepływów (C_v)[a] Rok	Współczynnik zmienności przepływów (C_v)[a] Zima	Współczynnik zmienności przepływów (C_v)[a] Lato
Okres kalibracji 1951–1964	20	18	7	13	13,0	33,9	208	0,842	0,775	0,504
Zmiana warunków 1965–1968	16	9	6	9	16,0	32,1	206	0,920	0,935	0,688
Okres ewaluacji 1969–1985	16	15	5	10	17,2	34,2	220	0,929	0,758	0,719
Wartość statystyki t Studenta	2,815[b]	nie badano	2,200[b]	2,334[b]	2,401[b]	0,051	0,283	0,763	0,162	2,257[b]

a Przy obliczaniu wartości współczynnika zmienności przepływów C_v okres kalibracji obejmuje lata 1946—1964.

b Odrzucenie hipotezy $H_0 : x_1 = x_2$ na poziomie $\alpha = 0,05$.

http://rcin.org.pl

wielkość przepływu jest niezaburzona. Dlatego nie stwierdza się różnicy współczynnika zmienności przepływu w półroczu zimowym między okresem kalibracji i ewaluacji (tab. 2).

WNIOSKI

Prace regulacyjne i melioracyjne w zlewni górnej Prosny spowodowały zmianę wielkości odpływu oraz zmianę reżimu odpływu. Okres o quasi-naturalnych warunkach odpływu trwał do 1964 r., to znaczy do momentu, w którym rozpoczęto intensywne prace regulacyjne Prosny.

Skrócenie biegu rzeki o prawie 28%, budowa licznych jazów i progów, melioracje szczegółowe gruntów położonych w dolinie rzeki przyczyniły się między innymi do:

1) zwiększenia globalnego odpływu wody ze zlewni o 0,841 m^3s^{-1};

2) przyspieszenia odpływu korytem rzecznym, co odzwierciedliło się w skróceniu czasu trwania wezbrań przeciętnie o 4 dni, przyspieszeniu tempa przyboru fali i jej opadania oraz zwiększeniu średniego przepływu wezbrania o 4,2 m^3s^{-1};

3) zwiększenia nieregularności przepływów w półroczu letnim, o czym świadczy wzrost współczynnika C_v z wartości 0,504 do 0,719.

LITERATURA

Bajkiewicz-Grabowska E., 1975, *Zmiany odpływu z małej zlewni w wyniku prac melioracyjnych*, Gosp. Wodna, 1, s. 9—13.

Buławko A. G., 1971, *Wodnyj bałans recznych wodosborow*, Leningrad.

Dębski K., 1978, *Regulacja rzek*, PWN, Warszawa.

Dynowska I., Jankowski A. T., Soja R., 1985, *Metody oceny wpływu gospodarczej działalności człowieka na odpływ*, Fol. Geogr., Ser. Geogr. Phis., 17, s. 105—119.

Kamyszek A., 1978, *Generalne studium zagospodarowania rzeki Prosny (od ujścia do m. Utrata)*, CBSiPBW — Hydroprojekt, Oddział Poznań.

Marcinkowska J., Rotnicka J., Rotnicki K., 1986, *Zmiany opadu i odpływu w dorzeczu Prosny w latach 1951—1980*, Sprawozdania PTPN, Poznań (w druku).

Ostromęcki J., 1964, *Wstęp do melioracji rolnych*, Warszawa.

Ostrowski S., 1966, *Melioracje rolne w lasach*, Gosp. Wodna, 9.

Sprawozdanie techniczne do projektu melioracji doliny rzeki Prosny na odcinku Wieruszów-Bolesławiec (Prosna IV), 1968, Archiwum WZIR O/Kępno.

Szczepaniak E., 1987, *Badanie stałości związku opad—odpływ w zlewni Niesobu*, Archiwum Zakł. Hydr. i Gosp. Wodnej IGF UAM, Poznań (pr. magist.).

Zbiorcze zestawienie kosztów budowy obiektu Prosna III, 1968, Archiwum ODGW, Poznań.

THE IMPACT OF CHANNEL REGULATION AND DRAINAGE AREA'S MELIORATION ON THE UPPER PROSNA RIVER RUN-OFF

Summary

The article presents an assessment of the impact of melioration and regulation work on the size and regimen of water descending from a lowland river drainage area (Fig. 1 and 2).

http://rcin.org.pl

An analysis of the depth of rainfall and run-off and that of run-off coefficient from calibration and evaluation periods has led to a quantitative assessment of the impact exerted by the anthropogenic factor on run-off (Fig. 3—7). The anthropopressure resulted in an increased run-off of the Prosna drainage area by 0.841 m^3s^{-1}. Natural factors (rainfall) produced an increase in run-off by 0.929 m^3s^{-1}.

Changes of the river regimen were manifested in greater irregularity of flow in the summer half-year (increase in C_v coefficient from 0.504 to 0.719), changed high water wave parameters and an increased mean flow in the period of high water by 4.2 m^3s^{-1} (Table 2).

Translated by A. Dylewska

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВКИ РУСЛА РЕКИ И МЕЛИОРАЦИИ ВОДОСБОРА НА СТОК ВЕРХНЕЙ ПРОСНЫ

Резюме

Статья посвящена оценке влияния мелиоративных и регулировочных мероприятий на изменение величины и режима стока из водосбора низменной реки (рис. 1 и 2).

Анализ величин показателей осадков и стока, а также коэффициентов стока из периодов калибровки и оценки, был основой количественной оценки воздействия на сток антропогенного фактора (рис. 3—7). Антропопрессия вызвала рост стока из водосбора р. Просны на 0,841 $м^3/с$, а природные факторы (осадки) — на 0,929 $м^3/с$.

Изменения речного режима проявились в увеличении нерегулярности расхода в летнем полугодии (рост величины коэффициента C_v 0,504 до 0,719), в изменении параметров волн в период повышения уровня реки и в росте среднего расхода в период повышения уровня реки на 4,2 $м^3/с$ (табл. 2).

Перевела Э. Яворска

http://rcin.org.pl

ZDZISŁAW MICHALCZYK

WPŁYW POBORU WODY DO KANAŁU WIEPRZ—KRZNA NA PRZEPŁYW ŚRODKOWEGO BIEGU WIEPRZA

Obszar międzyrzecza Wisły i Bugu odznacza się niskim w skali Polski odpływem jednostkowym oraz dużymi kontrastami odpływu między półroczem letnim i zimowym (Dynowska 1972, Paszczyk 1975, Stachy 1984 i in.). Środkowa część międzyrzecza odwadniana jest przez system wodny Wieprza, którego dorzecze obejmuje powierzchnię 10 422 km^2. Dorzecze to dzieli się na dwie części: wyżynną i nizinną, które charakteryzują się różnymi warunkami występowania i krążenia wody.

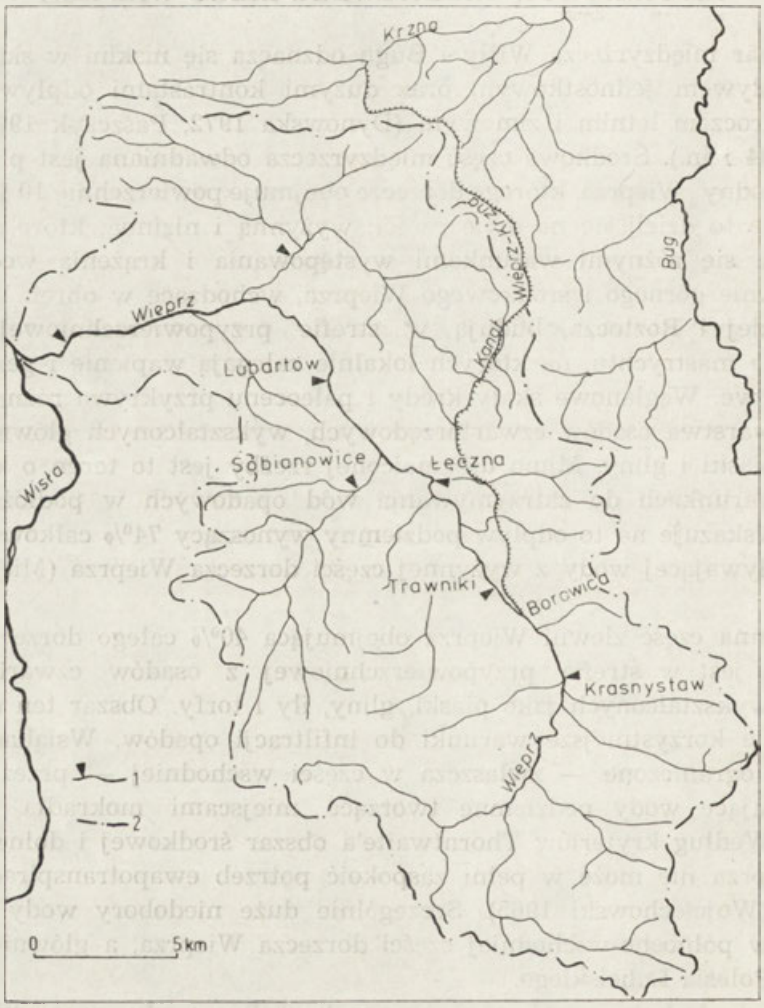
Zlewnie górnego i środkowego Wieprza, wchodzące w obręb Wyżyny Lubelskiej i Roztocza, budują w strefie przypowierzchniowej opoki i margle mastrychtu, na których lokalnie zalegają wapienie i gezy trzeciorzędowe. Węglanowe skały kredy i paleocenu przykrywa różnej miąższości warstwa osadów czwartorzędowych, wykształconych głównie jako lessy, piaski i gliny. Mimo urozmaiconej rzeźby jest to teren o korzystnych warunkach do zatrzymywania wód opadowych w podłożu skalnym. Wskazuje na to odpływ podziemny wynoszący 74% całkowitej ilości odpływającej wody z wyżynnej części dorzecza Wieprza (Michalczyk 1986a).

Nizinna część zlewni Wieprza obejmująca 40% całego dorzecza zbudowana jest w strefie przypowierzchniowej z osadów czwartorzędowych, wykształconych jako piaski, gliny, iły i torfy. Obszar ten ma teoretycznie korzystniejsze warunki do infiltracji opadów. Wsiąkanie jest jednak ograniczone — zwłaszcza w części wschodniej — przez płytko występujące wody podziemne tworzące miejscami mokradła (Wilgat 1968). Według kryteriów Thorntwaite'a obszar środkowej i dolnej zlewni Wieprza nie może w pełni zaspokoić potrzeb ewapotranspiracyjnych roślin (Wojciechowski 1965). Szczególnie duże niedobory wody stwierdzano w północno-wschodniej części dorzecza Wieprza, a głównie w regionie Polesia Lubelskiego.

Polesie Lubelskie, mimo pozornego bogactwa wody, przejawiającego się w istnieniu jezior, stawów i obszarów podmokłych, zawsze wykazywało jej braki w okresie wegetacji roślin. W celu intensyfikacji rolnictwa

http://rcin.org.pl

uznano za konieczne doprowadzenie wody z zewnątrz. Po przeanalizowaniu zasobów wodnych sąsiednich rzek stwierdzono, że w środkowym biegu Wieprza istnieje możliwość poboru wody bez szkody dla niżej leżącej doliny tej rzeki i skierowania jej na obszary deficytów wodnych (Kwapiszewski 1955). W ten sposób powstała koncepcja budowy Kanału Wieprz—Krzna (KWK), jednej z największych inwestycji melioracyjnych w Polsce. Decyzję o budowie kanału podjęto w 1954 r., a pierwszy etap jej realizacji przypadał na okres 1954—1961. Wybudowany w tym czasie kanał o długości 140 km połączył dwie rzeki — Wieprz i Krznę (uchodzącą do Bugu).



Ryc. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych w środkowym biegu Wisły
1 — rzeki i wodowskazy; 2 — dział wodny dorzecza Wieprza
Location of measuring points in the middle course of the Vistula River
— rivers and gauges, 2 — watershed of the Wieprz Riwer basin

http://rcin.org.pl

Ujęcie wody, a jednocześnie początek trasy Kanału Wieprz—Krzna, znajduje się w okolicy wsi Borowica, na 181 km biegu Wieprza (ryc. 1). W górnym, południowym odcinku trasę kanału poprowadzono w obniżeniu terenu związanym z przebiegiem kopalnej doliny Wieprza. Następnie, w kierunku północnym, kanał wkracza na dział wodny II rzędu rozdzielający dorzecza Wieprza i Bugu. W górnym i środkowym odcinku kanał spełnia wyłącznie funkcję nawadniającą. W dolnym odcinku — od 124 km wykorzystywany jest do odwadniania przyległych terenów. W południowej części kanał ma dwudzielny przekrój o szerokości dna 7 m, w którym może przepłynąć 31,7 m^3/s wody (Kwapiszewski 1955; Zięba 1986). W środkowej i dolnej części przekrój kanału zmniejsza się.

Woda z kanału wykorzystywana jest do nawadniania użytków zielonych, napełniania zbiorników retencyjnych i stawów rybnych. Duża część pobieranej wody (w roku suchym ponad 30%) tracona jest w wyniku parowania i transpiracji oraz niskiego standardu urządzeń technicznych (Zięba 1986). Z uwagi na ograniczone możliwości poboru wody z Wieprza istnieje konieczność magazynowania jej w zbiornikach retencyjnych. Letnie przepływy Wieprza oraz łączna pojemność 11 zbiorników retencyjnych, gromadzących wodę w ilości 47,6 mln m^3, są ciągle zbyt małe do zaspokojenia wszystkich potrzeb wodnych terenu. Według pierwotnych założeń w zasięgu KWK miało znajdować się 75,4 tys. ha użytków zielonych, z czego 68,8 tys. ha powinno być nawadniane wodą pobraną z Wieprza (Zięba 1986).

Kanał formalnie został oddany w 1961 r. Jego właściwe funkcjonowanie rozpoczęło się po przystosowaniu terenów do nawadniania i po wybudowaniu zbiorników retencyjnych. Właściwa eksploatacja kanału rozpoczęła się około 1966 r. Z każdym rokiem zwiększał się natomiast zasięg obszarów nawadnianych, wzrastała ilość pobieranej wody z Wieprza oraz rosła pojemność zbiorników retencyjnych. Mimo zbudowania wielu przekrojów pomiarowo-kontrolnych rozrząd wody w kanale oraz jej ilość pobierana z Wieprza nie były ściśle kontrolowane. Serie stanów wody z poszczególnych wodowskazów nie są pełne, a podlegające ciągłym zmianom krzywe konsumpcyjne, mimo weryfikacji, nie przedstawiają rzeczywistych zależności między stanem a przepływem. Gospodarowanie wodą w kanale zmierzało do pokrywania doraźnych potrzeb wodnych zgłaszanych przez użytkowników.

Inwestycja systemu melioracyjnego KWK nie została w pełni zrealizowana. W latach 1954—1985 przystosowano do nawodnień 36,0 tys. ha użytków zielonych wodą pobraną z Wieprza oraz 4,4 tys. ha wodą pochodzącą z zasobów lokalnych. Stanowi to jedynie połowę obszaru pierwotnie przewidywanego do zagospodarowania. W 1985 r. nawodnienia objęły tylko 28,0 tys. ha (Zięba 1986). Po 25 latach istnienia kanału inwestycja ta wymaga gruntownej modernizacji (Potrzeby modernizacji..., 1986).

Przeprowadzone prace melioracyjne spowodowały zmiany stosunków

http://rcin.org.pl

wodnych i warunków przyrodniczych na dużej części Polesia Lubelskiego, a doprowadzenie żyznych wód z Wieprza powoduje niekorzystne przekształcenia cennych przyrodniczo obszarów Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego (Wilgat 1980; Wilgat i in. 1987; Janiec, Michalczyk, Wojciechowski 1987). Dzięki zabiegom melioracyjnym zwiększona została jednakże aktywność gospodarcza regionu.

Skierowanie części wody Wieprza do kanału ujemnie wpływa na zasoby wodne środkowego biegu tej rzeki. Ocena oddziaływania poboru wody na reżim i wielkość przepływu Wieprza jest trudna, głównie z uwagi na brak materiałów hydrometrycznych dotyczących całego okresu funkcjonowania KWK. Obserwacje wodowskazowe w tym okresie były wykonywane w dwóch przekrojach hydrometrycznych IMiGW (Michalczyk 1986b): Krasnystaw (3001 km^2) i Lubartów (6364 km^2). Od 1966 r. publikowane są przez IMiGW materiały dotyczące dobowych przepływów w przekroju Łęczna (4548 km^2), a od 1976 r. dane z wodowskazu w Trawnikach (3546 km^2), założonego kilkanaście kilometrów poniżej miejsca poboru wody z Wieprza (ryc. 1). W tej sytuacji dopiero dane z ostatniego okresu dokładniej dokumentują wpływ poboru wody do KWK.

Opracowanie zmian wielkości przepływu Wieprza wykonano na podstawie dobowych przepływów z lat 1976—1980 opublikowanych przez IMiGW oraz jeszcze nie publikowanych wartości średnich miesięcznych przepływów dotyczących okresu 1981—1984. Po zestawieniu dobowych i miesięcznych przepływów stwierdzano okresowo duże zmniejszenie ilości płynącej wody między Krasnymstawem i Trawnikami. Między tymi wodowskazami leżącymi w niewielkiej odległości (ryc. 1) powierzchnia zlewni zwiększa się jedynie o 545 km^2. Nie zauważa się również istotnych zmian w budowie geologicznej, rzeźbie terenu, szacie roślinnej i wykorzystaniu gruntów. Można więc przyjąć założenie, że odpływy jedno-

Tabela 1

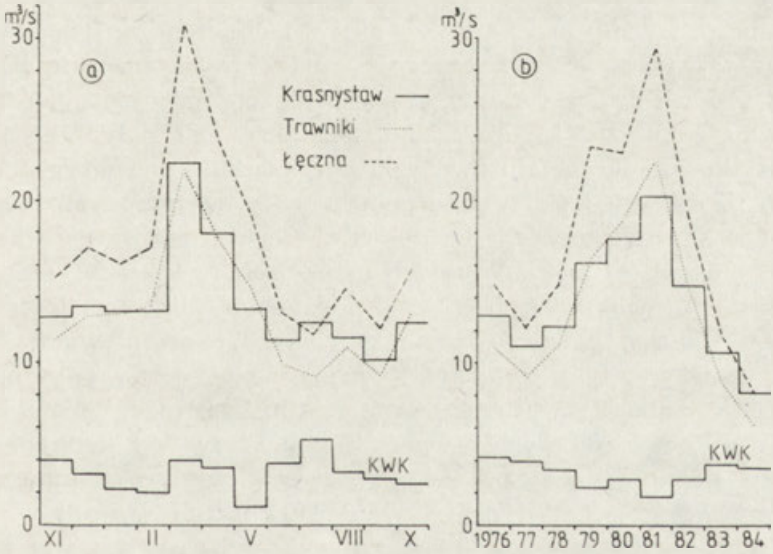
Pobór wody do Kanału Wieprz-Krzna (m^3/s)

Lata	Miesiące												
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI—X
1976	4,68	3,84	4,25	2,60	5,00	5,06	2,35	2,92	5,99	3,46	3,40	5,90	4,12
1977	4,55	3,26	3,62	4,54	4,51	4,16	0,74	3,58	6,53	4,26	4,03	2,61	3,86
1978	3,36	3,05	3,20	2,82	3,80	5,44	2,00	3,00	5,98	1,88	4,01	2,25	3,40
1979	3,07	1,73	0,82	1,67	6,04	0,79	—	3,01	5,09	3,04	0,73	1,17	2,26
1980	3,60	2,54	0,08	1,07	3,37	4,50	0,05	6,07	7,34	2,40	1,57	0,83	2,79
1981	0,44	0,0	0,0	0,48	1,93	0,70	0,41	3,60	2,15	4,50	1,91	5,33	1,79
1982	3,56	3,66	1,38	0,38	0,47	3,52	—	5,11	7,12	3,83	3,85	0,64	2,79
1983	7,13	6,05	4,70	1,93	5,19	0,0	0,40	6,81	5,86	2,16	4,20	0,41	3,74
1984	4,96	3,64	2,95	2,58	5,57	6,82	4,20	0,09	1,52	3,89	1,89	3,25	3,45
1976—1984	3,93	3,09	2,33	2,00	3,99	3,44	1,13	3,80	5,29	3,27	2,84	2,49	3,13

http://rcin.org.pl

stkowe w zlewniach Wieprza do Krasnegostawu i Trawnik powinny być podobne. To założenie umożliwia obliczenie ilości pobieranej wody z Wieprza do Kanału Wieprz—Krzna w miejscowości Borowica (tab. 1). Wielkość poboru (Q_M) jest to różnica odpływów jednostkowych między wodowskazami Krasnystaw (q_K) i Trawniki (q_T) pomnożona przez powierzchnię zlewni do Trawnik (A_T) : $Q_M = (q_K - q_T) \cdot A_T$.

Wartości obliczeń mogą być obarczone błędami wynikającymi z niedokładności materiałów hydrometrycznych dotyczących obu przekrojów wodowskazowych. Jednakże podobne wielkości poboru wody uzyskano po przeanalizowaniu ilości płynącej wody w Krasnymstawie i w Łęcznej oraz jej dopływu ze zlewni różnicowej. Informacja ta utwierdza w przekonaniu co do poprawności dokonanej oceny wielkości poboru wody z Wieprza dla potrzeb systemu melioracyjnego. Średnie miesięczne przepływy Wieprza w Krasnymstawie, w Trawnikach i w Łęcznej oraz pobory wody do KWK przedstawiono na rycinie 2a. Natomiast na rycinie 2b zamieszczono wspomniane wartości w ujęciu rocznym.



Ryc. 2. Średnie przepływy Wieprza oraz pobory wody do Kanału Wieprz—Krzna w latach 1976—1984

a— miesięczne; b — roczne

Average Wieprz river flow and water input to the Wieprz—Krzna canal in the years 1976—1984

a — monthly, b — annual

W latach 1976—1984 do kanału kierowano z Wieprza średnio 3,13 m³/s wody, czyli 25% średniego przepływu w Krasnymstawie. Wartość ta odpowiada zmniejszeniu się odpływu jednostkowego z górnej części zlewni Wiepsza o około 1 l/s · km². Miesięczne pobory wody zmieniały się od zera do prawie 7,5 m³/s. Najwięcej wody kierowano do kanału w lipcu (tab. 1;

http://rcin.org.pl

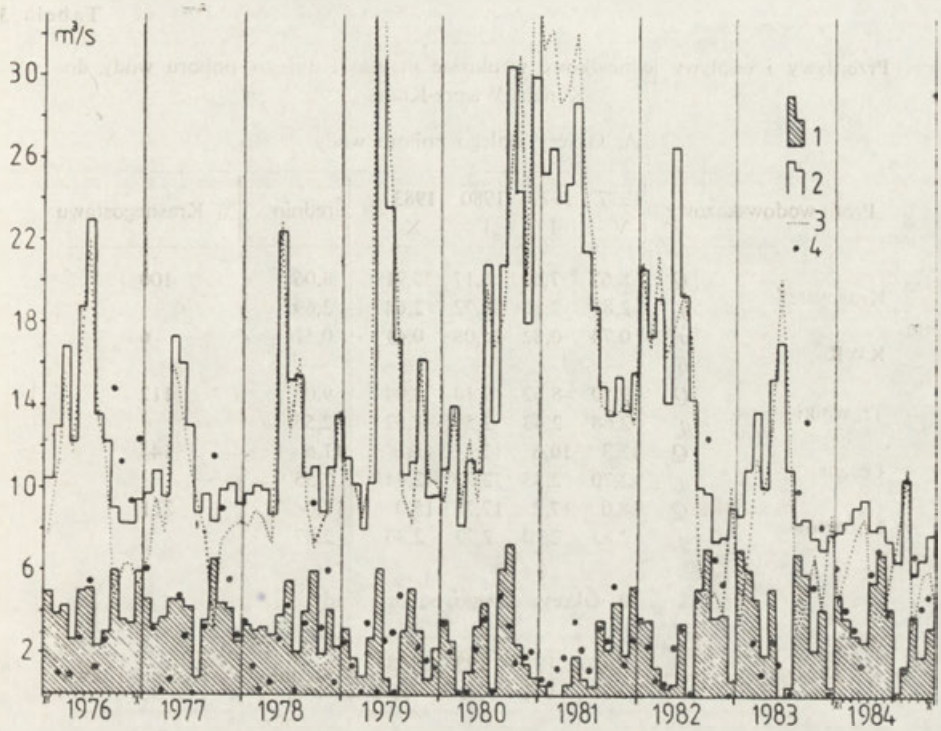
ryc. 2) — prawie 5,3 m^3/s, a najmniej w maju — 1,1 m^3/s. W czasie analizowanego wielolecia najwięcej wody do kanału skierowano w 1976 r. — 4,1 m^3/s, a najmniej w 1981 r. — 1,79 m^3/s. Ogólna pojemność zbiorników retencyjnych jest zbyt mała na zaspokojenie potrzeb wodnych wszystkich użytkowników. Istnieje więc potrzeba niemal ciągłego poboru wody z Wieprza. Zapotrzebowanie użytkowników systemu melioracyjnego na wodę z kanału wzrasta w miesiącach letnich, w których są małe opady atmosferyczne. Dochodzi więc do paradoksalnej sytuacji, gdyż największe ilości wody z Wieprza pobiera się w okresach naturalnych niskich przepływów. Świadczy to o ekstensywnym systemie gospodarowania wodą, silnie uzależnionym od zasilania atmosferycznego. Wodę z Wieprza powinno pobierać się przede wszystkim w okresie dużych przepływów i kierować ją na obszary nawadniane w miarę występujących potrzeb.

Woda wprowadzona do KWK jest gromadzona w zbiornikach retencyjnych lub bezpośrednio rozprowadzana na obszary nawadniane. Objętość wody pobranej z Wieprza oraz jej rozrząd w kanale określają użytkownicy systemu melioracyjnego (Zięba 1986). Ilości wody skierowanej do kanału podawane przez użytkowników i obliczone na podstawie danych hydrometrycznych z Krasnegostawu i Trawnik znacznie się różnią (ryc. 3). Jedne i drugie dane mogą być obarczone pewnymi błędami wynikającymi z metody ich obliczania. Jednakże materiały prezentowane przez użytkowników kanału nie mogą być uważane za wiarygodne, gdyż w wielu miesiącach wykazywane pobory wody są wyższe od przepływu Wieprza w Krasnymstawie, a w innych miesiącach pobór wody jest równy przepływowi tej rzeki. W takich sytuacjach rzeka ta w Trawnikach powinna okresowo wysychać lub prowadzić znikome ilości wody. Z przedstawionego poboru wody zestawionego z przepływami Wieprza jednoznacznie wynika niewłaściwe gospodarowanie wodą, gdyż największe jej ilości pobiera się z rzeki w okresie niskich przepływów.

Ilość płynącej wody w Trawnikach i niekiedy w Łęcznej — mimo przyrostu zlewni — jest przez przeważającą część roku mniejsza niż w Krasnymstawie. Średni przepływ w Trawnikach wynosił w okresie 1976—1984 jedynie 96% ilości płynącej wody w Krasnymstawie, a w poszczególnych miesiącach wartości te zmieniały się od 74% w lipcu do 111% w maju. W pozostałych miesiącach wartości te układały się na poziomie 86—105%, podczas gdy powierzchnia zlewni do Trawnik wynosi 118% wielkości zlewni do Krasnegostawu.

Ważnym zagadnieniem związanym z gospodarczym wykorzystaniem wody w dorzeczu Wieprza jest zasięg odczuwalnych zmian przepływu tej rzeki związany z poborem wody do KWK. Zasięg oddziaływania kanału określono na podstawie analizy przepływów Wieprza w kolejnych stacjach hydrometrycznych: Krasnystaw, Trawniki, Łęczna i Lubartów oraz przepływów Bystrzycy w Sobianowicach. Średnie roczne i wybrane

http://rcin.org.pl



Ryc. 3. Średnie miesięczne przepływy Wieprza w Krasnymstawie i Trawnikach oraz pobory wody do Kanału Wieprz—Krzna

1 — pobór wody według materiałów hydrologicznych; 2 — przepływ Wieprza w Krasnymstawie; 3 — przepływ w Trawnikach; 4 — miesięczne pobory wody do Kanału Wieprz—Krzna według Zięby (1986)

Average monthly flow of the Wieprz River in Krasnystaw and Trawniki and water input to Wieprz—Krzna canal

1 — water input according to hydrological materials; 2 — Wieprz River flow in Krasnystaw; 3 — flow in Trawniki; 4 — monthly water input to Wieprz—Krzna canal after Zięba (1986)

Tabela 2

Roczne i wybrane średnie miesięczne przepływy w latach 1976—1984

Rzeka	Wodowskaz	*A* km²	Rok		Luty		Maj		Czerwiec		Lipiec	
			Q	*q*	*Q*	*q*	*Q*	*q*	*Q*	*q*	*Q*	*q*
Vieprz	Krasnystaw	3001	13,7	4,57	13,2	4,40	13,3	4,43	11,4	3,80	12,5	4,16
WK			3,13		2,00		1,13		3,80		5,29	
Vieprz	Trawniki	3546	13,2	3,72	13,6	3,84	14,8	4,17	9,83	2,77	9,22	2,60
Vieprz	Łęczna	4548	17,3	3,80	17,1	3,76	19,3	4,24	13,1	2,88	11,8	2,59
ystrzyca	Sobianowice	1265	5,92	4,68	6,09	4,81	5,56	4,40	4,99	3,94	4,54	3,59
Vieprz	Lubartów	6364	25,6	4,02	24,7	3,88	28,3	4,44	21,4	3,36	18,4	2,89

A — powierzchnia zlewni; *Q* — przepływ w m³/s, *q* — odpływ jednostkowy w l/s·km²

http://rcin.org.pl

Tabela 3

Przepływy i odpływy jednostkowe w okresie małego i dużego poboru wody do Kanału Wieprz-Krzna

A. Okresy małego poboru wody

Profil wodowskazowy		1977 V	1979 I	1980 I	1983 X	Średnio	% Krasnegostawu
Krasnystaw	*Q*	8,67	7,49	8,17	7,91	8,06	100
	q	2,89	2,50	2,72	2,64	2,69	
KWK	*a*	0,74	0,82	0,08	0,41	0,51	6
	b	—	—	—	—	—	
Trawniki	*Q*	9,50	8,62	9,18	8,94	9,06	112
	q	2,68	2,43	2,59	2,52	2,55	
Łęczna	*Q*	12,3	10,6	12,3	11,1	11,6	144
	q	2,70	2,33	2,70	2,44	2,55	
Lubartów	*Q*	18,0	17,2	17,7	15,0	17,0	211
	q	2,83	2,70	2,77	2,36	2,67	

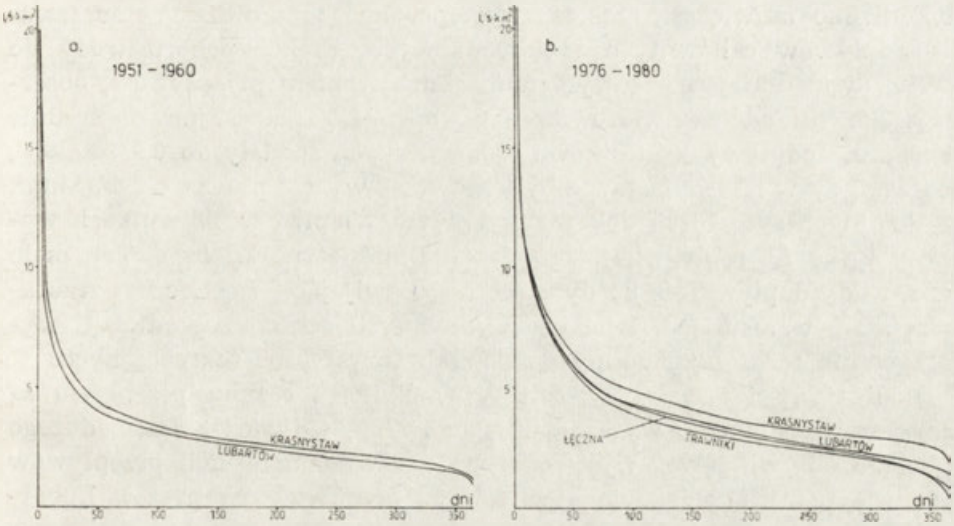
B. Okresy dużego poboru wody

Profil wodowskazowy		1976 VII	1977 VII	1983 XI	1983 VI	Średnio	% Krasnegostawu
Krasnystaw	*Q*	8,89	8,26	8,75	8,44	8,59	100
	q	2,96	2,75	2,92	2,81	2,86	
KWK	*a*	5,99	6,53	7,13	6,81	6,62	77
	b	14,8	11,5	6,54	10,0	10,7	125
Trawniki	*Q*	4,51	3,23	3,21	3,16	3,53	41
	q	1,27	0,91	0,91	0,89	1,00	
Łęczna	*Q*	6,16	5,40	6,14	5,87	5,89	69
	q	1,35	1,19	1,35	1,29	1,30	
Lubartów	*Q*	11,2	10,5	13,3	10,2	11,3	132
	q	1,76	1,65	2,09	1,60	1,78	

Q — przepływ w m^3/s; *q* — odpływ jednostkowy w $l/s \cdot km^2$;
a — pobór wody do KWK określony na podstawie materiałów hydrologicznych;
b — pobór wody wg Zięby (1986).

średnie miesięczne przepływy i odpływy jednostkowe z okresu 1976—1984 zestawiono dla pięciu przekrojów wodowskazowych w tabeli 2. Korzystnie na przepływ środkowego biegu Wieprza oddziałuje Bystrzyca wprowadzająca prawie dwukrotnie więcej wody niż pobiera się jej do KWK. Odpływy jednostkowe z dorzecza Bystrzycy zbliżone są do rejestrowanych w zlewni górnego Wieprza. Poniżej ujścia Bystrzycy antropogeniczne zmiany reżimu i wielkości przepływu Wieprza słabo zaznaczają się w okresie wysokich i średnich przepływów. Natomiast wyraźne zmiany przepływu widoczne są w okresach niżówek i dużego poboru wody do KWK. Potwierdzeniem tego faktu są miesięczne przepływy i odpływy jednostkowe zestawione dla okresów małego i dużego poboru wody (tab. 3). W tabeli 3 zestawiono te miesiące, w których przepływy

http://rcin.org.pl



Ryc. 4. Krzywe czasów trwania odpływów jednostkowych

Curves of run modulus duration

w Krasnymstawie były zbliżone do średnich niskich wartości. W pierwszej części tabeli odpływy jednostkowe z poszczególnych zlewni Wieprza nieznacznie się różnią, a przepływy rosną zgodnie z przyrostem dorzecza. Natomiast w drugiej części tabeli 3 przepływy miesięczne w Trawnikach i w Łęcznej są niższe niż w Krasnymstawie. Według obliczeń hydrologicznych do kanału kierowano 77% płynącej wody, a przepływ Wieprza poniżej Borowicy zmniejszał się do 41% ilości wody płynącej w Krasnymstawie. W Lubartowie średni przepływ liczony z 4 przytoczonych wartości wynosił jedynie 132% przepływu Wieprza w Krasnymstawie, podczas gdy powierzchnia zlewni do Lubartowa wynosi 212% wielkości zlewni w Krasnymstawie.

Ocenę wielkości oddziaływania nieregularnego poboru wody do KWK na przepływ Wieprza wykonano również na podstawie analizy czasu trwania przepływów w czterech przekrojach wodowskazowych. Z uwagi na trudno porównywalne wielkości przepływów całkowitych z odpowiadających im powierzchni zlewni opracowano krzywe czasów trwania odpływów jednostkowych. Obliczenia wykonano dla dwóch okresów 1951—1960 i 1976—1980, tzn. przy naturalnych i zmienionych przez człowieka przepływach Wieprza (ryc. 4). Na zamieszczonych wykresach zauważa się, oprócz różnic w wielkości odpływów jednostkowych wynikających z zasobności wodnej obu okresów, duże zmniejszenie odpływu jednostkowego w pięcioleciu 1976—1980. Przebieg linii i wzajemny ich układ wskazują na duże pobory wody trwające ponad 300 dni. Jedynie przepływy okresowe do Q_{30} są praktycznie niezmienione we wszystkich przekrojach wodowskazowych Wieprza. Odpływy jednostkowe są najniższe w Trawnikach i wzrastają z przyrostem dorzecza. Także w Trawnikach

http://rcin.org.pl

stwierdzono największą częstość występowania i najdłuższy czas trwania odpływów całkowitych i jednostkowych. Efekty poboru wody do KWK, uwidaczniające się wyraźnym zmniejszeniem przepływów, obserwuje się na odcinku Borowica—Trawniki—Łęczna. Najniższe średnie miesięczne odpływy jednostkowe w Trawnikach spadały do 0,9 $l/s \cdot km^2$, podczas gdy w Krasnymstawie były wówczas wyższe prawie o 2 $l/s \cdot km^2$. W skrajnych sytuacjach dobowe przepływy Wieprza w Trawnikach wynosiły tylko 1,5 m^3/s, a najniższe średnie miesięczne 3,2 m^3/s. Tak małe ilości wody dopływające do dynamicznie rozwijającej się Łęcznej zrzucającej stale wzrastające ilości nieoczyszczonych ścieków ograniczają wykorzystanie rzeki i jej doliny do potrzeb turystyczno-rekreacyjnych.

Poniżej ujścia Bystrzycy zmiany wielkości i reżimu przepływu są mniejsze. Stosunkowo wyraźnie zaznaczają się jedynie w czasie dużego poboru wody do KWK występującego w okresach niskich przepływów (np. w sytuacji przedstawionej w tab. 3b przepływy Wieprza w Lubartowie były obniżone o ok. 6 m^3/s). Wskutek poboru wody do KWK przepływ Wieprza w Lubartowie jest mniejszy średnio o około 12%. W latach suchych zmniejszenie przepływu wzrasta do 20%, a w okresach wilgotnych praktycznie jest niezauważalne.

Okresowo wysoki pobór wody zmienia rytm odpływu środkowego biegu Wieprza. Powyżej Borowicy roczne minimum przepływu przypada na wrzesień, a poniżej ujęcia wody jest przesunięte na lipiec (ryc. 2). Przepływy w maju, z uwagi na minimalny pobór wody, są wyższe od ilości prowadzonej wody w okresie grudzień—luty.

W podsumowaniu należy podkreślić duże wykorzystanie zasobów wodnych środkowego biegu Wieprza oraz niewłaściwe gospodarowanie wodą przejawiające się w dużym jej poborze w okresie niskich przepływów. W najbliższych latach przewiduje się dalszy wzrost poboru wody tak podziemnej, jak i powierzchniowej na potrzeby aglomeracji lubelskiej, rolnictwa i inwestycji realizowanych w rejonie Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Ograniczone zasoby wodne dorzecza Wieprza będą stwarzały konflikty między rolnictwem, gospodarką komunalną i przemysłem. Konieczne są zabiegi zmierzające do odbudowy tzw. małej retencji oraz realizacja w dorzeczu Wieprza hydrotechnicznej zabudowy doliny rzecznej. Działania te powinny doprowadzić do zmniejszenia spływu nie wykorzystywanych wód wezbraniowych oraz do wzrostu zasobów wodnych i do podniesienia przepływów minimalnych.

LITERATURA

Dynowska I., 1972, *Typy reżimów rzecznych w Polsce*, Zesz. Nauk. UJ, 268, Prace Geogr., 28, Prace Inst. Geogr., 50.

Janiec B., Michalczyk Z., Wojciechowski K., 1987, *Stan i zagrożenia stosunków wodnych centralnego rejonu Lubelskiego Zagłębia Węglowego*, Ann. UMCS, sec. B (w druku).

http://rcin.org.pl

Kwapiszewski J., 1955, *Melioracje terenów wododziałowych Lubelszczyzny (Kanał Wieprz—Krzna)*, Gosp. Wodna, 9.

Michalczyk Z., 1986a, *Warunki występowania i krążenia na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Roztocza*, Wyd. UMCS, Lublin.

— 1986b, *Zróżnicowanie odpływu w dorzeczu Wieprza*, Ann. UMCS, sec. B, 37.

Paszczyk J., 1975, *Rola wód podziemnych w odpływie rzecznym i w bilansie wodnym Polski*, Wyd. UMCS, Lublin.

Potrzeby modernizacji Kanału Wieprz-Krzna w świetle jego 25-letniej eksploatacji, Mat. na konf. naukowo-techniczną NOT, Lublin 1986.

Stachy J., 1984, *Odpływ rzek polskich w latach 1971—1980 na tle danych wieloletnich*, cz. I i II, Gosp. Wodna, 5 i 6.

Wilgat T., 1968, *Przeglądowa mapa hydrogeograficzna województwa lubelskiego*, Ann. UMCS, sec. B, 20.

— 1980, *Możliwości zmian stosunków wodnych pod wpływem robót górniczych w Centralnym Rejonie LZW*, Mat. symp.: *Metody i wyniki badań hydrogeologicznych złóż węgli kamiennych*, CRW LZW, Wyd. Geol., Warszawa.

Wilgat T., Janiec B., Michalczyk Z., Wojciechowski K., 1987, *Próba prognozowania zmian stosunków wodnych Lubelskiego Zagłębia Węglowego*, Człow. i Środ. IKS, 10, 2.

Wojciechowski K., 1965, *Niedobory i nadwyżki wodne w województwie lubelskim*, Ann. UMCS, sec. B, 18.

Zięba J., 1986, *Kierunki modernizacji Kanału Wieprz-Krzna na tle dotychczasowej eksploatacji i konserwacji*, Mat. na konf. naukowo-techniczną: *Potrzeby modernizacji Kanału Wieprz—Krzna w świetle jego 25-letniej eksploatacji*, NOT, Lublin.

THE IMPACT OF WATER INPUT TO THE WIEPRZ—KRZNA CANAL ON THE FLOW OF THE WIEPRZ RIVER MIDDLE COURSE

Summary

In the years 1954—1961, a melioration canal connecting the Wieprz and Krzna rivers was constructed in the zone of the watershed of second order. The aim of this project was to eliminate summer shortages of water in the area of Polesie Lubelskie through leading it from the Wieprz river. By 1985,40 thousand ha were fitted for irrigation and eleven impounding reservoirs constructed. The amount of water taken from the Wieprz river was not well controlled.

Directing a portion of the Wieprz river water to the Wieprz—Krzna melioration canal affects the run-off regimen and the river's water resources. Hydrological materials of the Institute of Meteorology and Water Management concerning the flow in four measurment stations on the Wieprz river provided the basis for assessment of water input into the canal in the years 1976—1984. In the investigated period, an average of 3.13 m^3/s of water, which accounts for 25 per cent of the Wieprz flow above the water intake, was directed to the Wieprz—Krzna canal. The average monthly water input was changing from 0.0 to 7.5 m^3/s. The largest amounts of water are taken at the time of low summer flow of the Wieprz river. This indicates an inappropriate water management in that area.

The effects of water input to the Wieprz—Krzna canal, manifested in a clear decrease of flow, can be observed in the stretch Borowica—Trawniki—Łęczna. A decrease by up to 50 per cent of water flowing in the river is recorded in this stretch. Below the Bystrzyca river mouth the changes of the size and regimen of run-off are smaller. They become relatively clearly marked only during a big

 http://rcin.org.pl

input of water occuring at times of low flow. As a result of water input to the canal, the Wieprz river flow in Lubartów is lower by 12 per cent on the average. In dry years the flow's decrease increases to 20 per cent, and in wet periods it is not noticeable.

Translated by A. Dylewska

ВЛИЯНИЕ ВОДОЗАБОРА В КАНАЛ ВЕПШ–КШНА НА РАСХОД СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ВЕПШ

Резюме

В 1954–1961 гг. в зоне водосбора второго уровня был построен мелиоративный канал соединяющий реку Вепш и реку Кшну. Целью этого мероприятия было устранить недостатки воды в летний период на территории Люблинского Полесья путём подведения воды из р. Вепш. До 1985 г. было приспособлено к наводнению 40.000 га и построено 11 регулирующих ёмкостей. Объём водозабора из р. Вепш не был хорошо контролированным.

Направление части вод р. Вепш для удовлетворения нужд мелиоративного канала Вепш–Кшна отрицательно влияет на режим стока и водные ресурсы реки. На основе гидрологических материалов Института метеорологии и водного хозяйства, касающихся расхода реки на 4 станциях на реке Вепш, была дана оценка водозабора в канал в 1976–1984 гг. В исследуемом периоде в канал Вепш–Кшна направлялось в среднем 3,15 м^3/с воды, что составляет 25% расхода Вепша выше места водозабора. Среднемесячные водозаборы колебались от 0,0 до 7,5 м^3/с. Самым высоким является водозабор в период низких летних расходов р. Вепш. Это указывает на неправильную организацию водного хозяйства в этом районе.

Эффекты водозабора в канал Вепш–Кшна, проявляющиеся в явном сокращении расходов, наблюдаются на отрезке Боровица–Травники–Ленчна. Здесь фиксируется сокращение до 50% расхода реки. Ниже устья р. Быстщица изменения величины и режима заметны лишь во время большого водозабора, появляющегося в периоды низкого расхода. В результате водозабора в канал расход р. Вепш в м. Любартув меньше в среднем на 12%. В сухие годы уменьшение расхода воды увеличивается до 20%, а во влажные периоды оно незаметно.

Перевела Э. Яворска

http://rcin.org.pl

ANDRZEJ T. JANKOWSKI

WPŁYW PRZEMYSŁU I URBANIZACJI NA ZMIANY ODPŁYWU RAWY (PRÓBA OCENY)

UWAGI WSTĘPNE

W zestawieniach liczbowo-tekstowych (*Podział hydrograficzny Polski*, 1983), w odniesieniu do zlewni Rawy dołączono następujący zapis (*op. cit.*, cz. I, s. 308): „Zlewnia Rawy, podobnie jak Szarlejki, leży na obszarze eksploatacji górniczej. Dolina wykształcona jest w utworach karbońskich, miejscami przykrytych gliną zwałową. Rawa jest jedną z najbardziej »uprzemysłowionych« rzek w dorzeczu Przemszy. Duże miasta (Chorzów, Katowice), kopalnie i zakłady przemysłowe spowodowały zniekształcenie stosunków wodnych". Na intensywne oddziaływanie czynników antropogenicznych w kształtowaniu się odpływu rzeki Rawy zwracali uwagę S. Żmuda (1973), A. Leś-Rogoż (1962), J. Punzet (1959, 1983), a ostatnio S. Czaja (1986) oraz S. Czaja i A. T. Jankowski (1986). Wpływ przemysłu i urbanizacji na odpływ rzeki Rawy zauważalny jest już od dłuższego czasu. Zlewnia Rawy znajduje się bowiem w samym środku konurbacji górnośląskiej, gdzie zarówno czynnik demograficzny (wzrost liczby ludności i związana z tym postępująca zabudowa terenu), jak również przemysłowy (systematyczna intensyfikacja różnorodnej produkcji przemysłowej) występują z niezwykłą ostrością, a początki oddziaływania tych czynników sięgają XIII i XIV w. W 1910 r. dokonano oceny gospodarki wodnej w zlewni Rawy (*Die Abwässerbehandlung...*, 1911) i ustalono składowe odpływu rzeki w jej odcinku ujściowym do Brynicy. Składowe te zestawiono w tabeli 1. Z zestawienia wynika, że udział wody pochodzącej z naturalnego zasilania rzeki z obszaru zlewni wynosił 41% całkowitego odpływu rzecznego, natomiast pozostałe 59% stanowiła woda odprowadzona do Rawy w postaci ścieków.

Od tego jednak czasu, tj. od 1910 r., zarówno zabudowa terenu, jak i uprzemysłowienie uległy wyraźnemu zwiększeniu, zwłaszcza po 1960 r., co nie pozostało bez wpływu na kształtowanie się odpływu. Wynika więc z tego, że od dłuższego już czasu, a ostatnio ze znaczną intensywnością,

http://rcin.org.pl

Tabela 1

Wielkość i udział procentowy poszczególnych składowych w całkowitym odpływie Rawy w profilu ujściowym do Brynicy w 1910 r.

Składowe odpływu	Objętość przepływu m^3/s	Udział procentowy
Zasilanie naturalne	0,8	41
Zrzut ścieków komunalnych	0,25	13
Zrzut ścieków przemysłowych	0,90	46
Łącznie	1,95	100

Źródło: Die Abwasserbehandlung ..., 1911.

czynniki antropogeniczne wpływają na wielkość odpływu oraz jego reżim. W związku z tym podjęto próbę oceny tego wpływu na odpływ Rawy, zdając sobie sprawę, że będzie to ocena szacunkowa. Wielkość bowiem poszczególnych elementów odpływu, szczególnie jego składowych antropogenicznych, nie jest — jak dotychczas — oceniana z należytą precyzją. Analizę średnich rocznych i miesięcznych przepływów Rawy dokonano dla wielolecia 1954—1980. Należy też nadmienić, iż praca ta została częściowo zrealizowana w ramach CPBP, temat 03.13.04.2 (Ewolucja środowiska przyrodniczego w ramach silnej antropopresji).

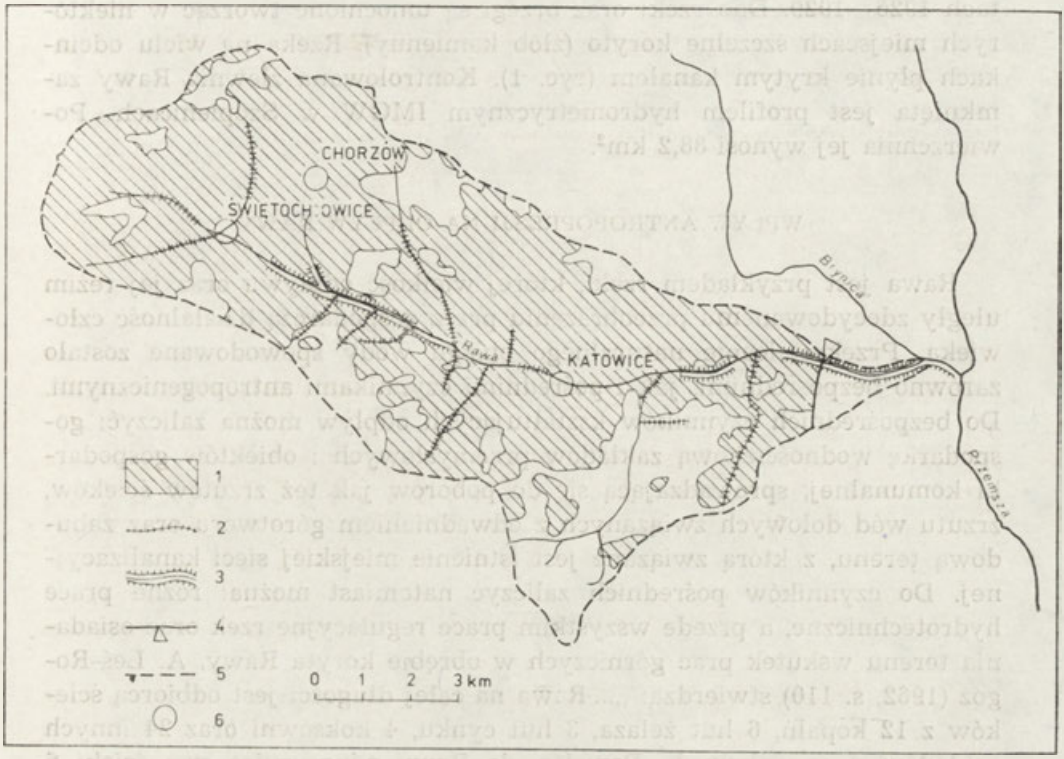
POŁOŻENIE I OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI

Zlewnia Rawy leży na Płaskowyżu Bytomsko—Katowickim (Gilewska, 1972). Znajduje się ona w obniżeniu oddzielającym Płaskowyż Bytomski od Płaskowyżu Katowickiego (Karaś-Brzozowska 1960). Dział wodny zlewni Rawy biegnie wierzchołkami wzgórz, sięgających rzędnej 290—335 m npm. Na wielu odcinkach przebiega on po terenach zabudowanych, stąd jego niepewny charakter (*Mapa hydrograficzna systemu...*, 1985). Jest to dział IV rzędu, jedynie na odcinku Załęska Hałda — Góra Parkowa w Katowicach jest działem I rzędu, oddziela bowiem dorzecze Wisły od dorzecza Odry. Rzeka Rawa — to największy prawostronny dopływ Brynicy. Powierzchnia jej zlewni wynosi 89,8 km^2 (*Podział hydrograficzny Polski*, 1983). W obrębie zlewni znajdują się duże fragmenty czterech sąsiadujących z sobą miast: Rudy Śląskiej, Świętochłowic, Chorzowa i Katowic. Znaczny zatem obszar zlewni, a szczególnie jej środkowa część, pokryty jest zwartą i gęstą zabudową. Obszar zabudowany wynosi 76,5% ogólnej powierzchni zlewni (ryc. 1).

Cały teren Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, w tym zlewni Rawy, został silnie przeobrażony. Stopień przeobrażenia powierzchni przez gospodarczą działalność człowieka sięga tu według S. Żmudy (1973) 75—100%. W wyniku tej działalności powstały formy antropogeniczne i to zarówno wklęsłe (doły zapadliskowe w kształcie nisz, niecek), jak

http://rcin.org.pl

i wypukłe (hałdy, nasypy), wpływające na zmianę lokalnego obiegu wody. Wysokość form wypukłych dochodzi do 20—30 m (hałdy w Chorzowie), natomiast wklęsłych do 5 m (formy zapadliskowe w rejonie Józefowca i Wełnowca).



Ryc. 1. Zlewnia Rawy

1 — zwarta zabudowa miejska i przemysłowa; 2 — ciek przykryty; 3 — brzegi koryta umocnione, odcinkami szczelna zabudowa koryta (żłób kamienny); 4 — profil hydrometryczny; 5 — granica zlewni; 6 — główne miasta

Rawa river drainage area

1 — compact urban and industrial settlement; 2 — covered stream; 3 — channel bank protection, compact embankments at some sections (U-shaped stone channel); 4 — hydrometric profile; 5 — drainage area's boundary; 6 — main towns

CHARAKTERYSTYKA RZEKI

Z dawnych źródeł kartograficznych wynika, że źródliska Rawy znajdowały się w okolicach Chebzia na wysokości 286 m npm. Na skutek robót górniczych źródła te zupełnie zanikły i obecnie Rawa bierze początek w postaci wypływu wody ze stawu „Marcin", znajdującego się w zapadlisku położonym w północno-zachodniej części Świętochłowic. Uchodzi natomiast do Brynicy w Szopienicach. Jej długość wynosi 19,4 km. Średni spadek określony z map topograficznych sięga 1,48‰,

http://rcin.org.pl

natomiast A. Leś-Rogoż (1962) podaje wartość 1,75‰. Spadek nie jest parametrem stałym, ulega zmianie, szczególnie spadki lokalne-cząstkowe, w zależności od intensywności osiadań terenu, spowodowanych podziemną eksploatacją węgla.

Rzeka została uregulowana prawie na całej swej długości już w latach 1926—1929. Dno rzeki oraz brzegi są umocnione tworząc w niektórych miejscach szczelne koryto (żłób kamienny). Rzeka na wielu odcinkach płynie krytym kanałem (ryc. 1). Kontrolowana zlewnia Rawy zamknięta jest profilem hydrometrycznym IMGW w Szopienicach. Powierzchnia jej wynosi 88,2 km^2.

WPŁYW ANTROPOPRESJI NA ODPŁYW RAWY

Rawa jest przykładem rzeki, której wielkość odpływu oraz jej reżim uległy zdecydowanemu przeobrażeniu przez gospodarczą działalność człowieka. Przekształcenie naturalnego obiegu wody spowodowane zostało zarówno bezpośrednimi, jak i pośrednimi czynnikami antropogenicznymi. Do bezpośrednich czynników kształtujących odpływ można zaliczyć: gospodarkę wodnościekową zakładów przemysłowych i obiektów gospodarki komunalnej, sprowadzającą się do poborów jak też zrzutów ścieków, zrzutu wód dołowych związanych z odwadnianiem górotworu oraz zabudową terenu, z którą związane jest istnienie miejskiej sieci kanalizacyjnej. Do czynników pośrednich zaliczyć natomiast można: różne prace hydrotechniczne, a przede wszystkim prace regulacyjne rzek oraz osiadania terenu wskutek prac górniczych w obrębie koryta Rawy. A. Leś-Rogoż (1962, s. 110) stwierdza: „... Rawa na całej długości jest odbiorcą ścieków z 12 kopalń, 6 hut żelaza, 3 hut cynku, 4 koksowni oraz 24 innych zakładów przemysłowych. Ponadto, do Rawy odprowadza swe ścieki 6 największych miast Śląska". J. Punzet (1959) ocenia, że ilość wody ujmowanej wówczas w Maczkach oraz przerzucanej do zlewni Rawy i zrzucanej do rzeki wynosiła 61% ogólnie ujmowanej wody, natomiast z ujęcia w Kozłowej Górze około 50% wchodziło w obieg w zlewni Rawy. Od owej chwili do dziś zrzuty wód obcych do Rawy nie zmalały, lecz wręcz przeciwnie — wzrosły (nowe źródła przerzutów wody, np. z Goczałkowic). Świadczy o tym systematycznie rosnący przepływ rzeki w profilu Szopienice w okresie 1954—1980, zestawiony w tabeli 2, w której przytoczono również roczne sumy opadów atmosferycznych w Katowicach. Pewne oscylacje średnich rocznych przepływów, ogólnie rosnące, spowodowane są zapewne wahaniami rocznych sum opadów atmosferycznych w poszczególnych latach, nie wykazujących tak wyraźnej tendencji wzrostowej jak przepływy (ryc. 2).

O rosnącym udziale wód obcych w odpływie Rawy można zorientować się z zestawionych w tabeli 3 średnich wieloletnich wartości rocznych sum opadów atmosferycznych, przepływów i odpowiadających im od-

http://rcin.org.pl

Tabela 2

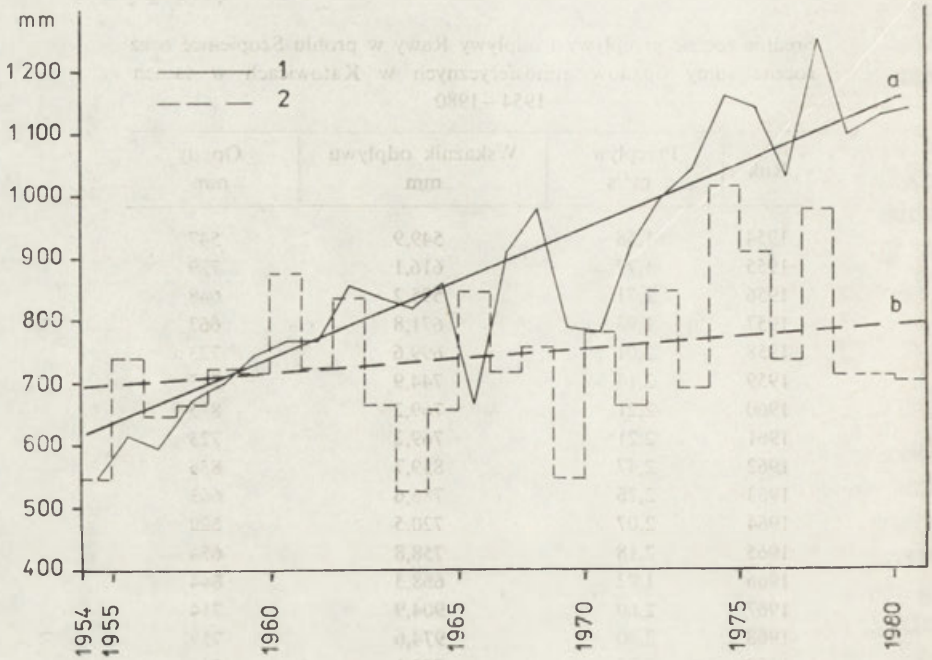
Średnie roczne przepływy i odpływy Rawy w profilu Szopienice oraz roczne sumy opadów atmosferycznych w Katowicach w latach 1954—1980

Rok	Przepływ m^3/s	Wskaźnik odpływu mm	Opady mm
1954	1,58	549,9	547
1955	1,77	616,1	739
1956	1,71	595,2	648
1957	1,93	671,8	663
1958	2,01	699,6	723
1959	2,14	744,9	717
1960	2,21	769,2	873
1961	2,21	769,2	723
1962	2,47	859,7	836
1963	2,26	786,6	663
1964	2,07	720,5	522
1965	2,18	758,8	654
1966	1,92	668,3	844
1967	2,60	904,9	714
1968	2,80	974,6	759
1969	2,25	783,1	546
1970	2,24	779,7	780
1971	2,62	911,9	660
1972	2,86	995,4	842
1973	2,99	1040,7	688
1974	3,33	1159,1	1011
1975	3,27	1138,2	903
1976	2,95	1026,8	734
1977	3,26	1134,7	700
1978	3,15	1096,4	708
1979	3,24	1127,7	709
1980	3,26	1134,7	700

Źródło: dane IMGW

pływów. Analizując wartości przytoczone w tej tabeli zaobserwowano, iż w okresie 1954—1960 wpływ czynników antropogenicznych nie był tak dominujący, jak w okresie późniejszym. Wskaźnik odpływu jest mniejszy od rocznej sumy opadów, choć nie w każdym miesiącu (Punzet 1959). Współczynnik odpływu w okresie 1946—1953 oscylował w granicach 0,60—0,92 (Leś-Rogoż 1962). Tak wysoka wartość współczynnika odpływu świadczy już o dużym udziale wód obcych w całkowitym odpływie rzecznym, lecz jeszcze nie o zdecydowanej ich dominacji, co wyraźnie zaznacza się w okresie późniejszym. Wzrost średniego rocznego przepływu i oczywiście odpływu w pięcioleciu 1975—1980 jest prawie dwukrotny (171%) w stosunku do analogicznych średnich z wielolecia 1954—1960. Ten niewspółmiernie duży i systematyczny wzrost przepływu w po-

http://rcin.org.pl



Ryc. 2. Przebieg średnich rocznych odpływów Rawy w profilu Szopienice (1) i rocznych sum opadów atmosferycznych w Katowicach (2) w latach 1954—1980 oraz proste regresji odpływu (a) i opadów (b) w tym samym wieloleciu

Course of mean annual run-off of the Rawa River in the Szopienice profile (1) and annual total of atmospheric precipitation in Katowice (2) in the years 1954—1980, and regression lines of run-off (a) and atmospheric precipitation (b) in the same period

Tabela 3

Procentowy wzrost średnich wieloletnich rocznych przepływów i odpowiadających im odpływów rzeki Rawy w profilu Szopienice oraz średnich wieloletnich rocznych sum opadów atmosferycznych w Katowicach

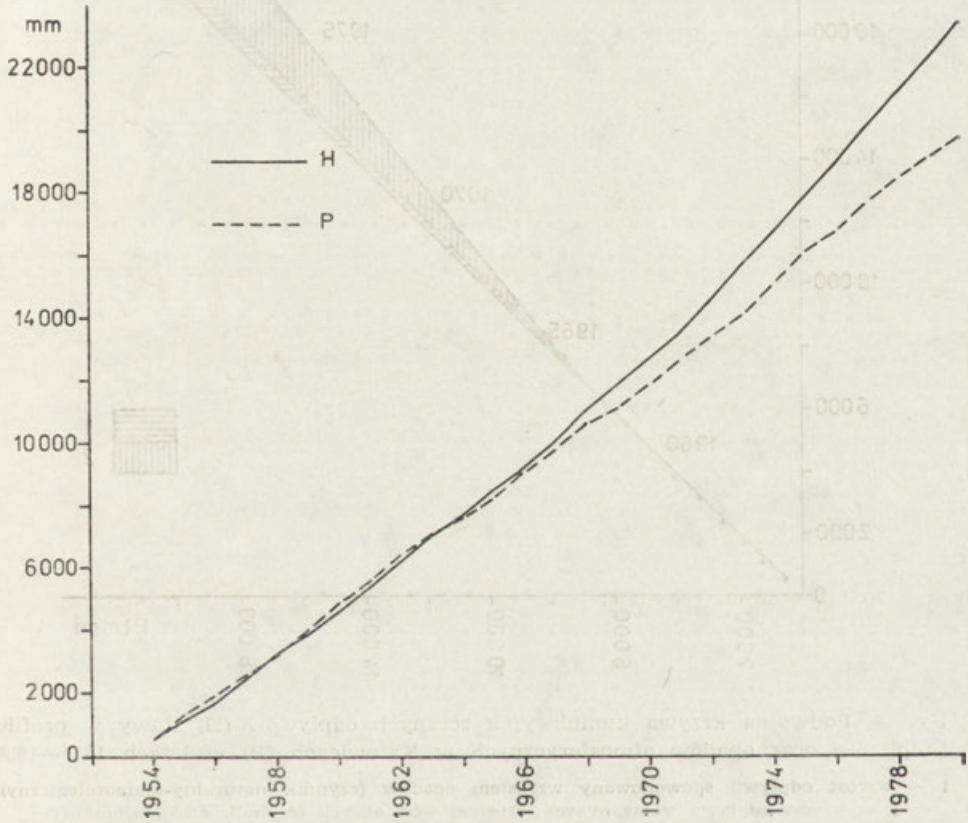
Wielolecie	Średnia roczna			Średnia roczna w %	
	opad mm	przepływ m^3/s	odpływ mm	opad	przepływ
1954—1960	701	1,90	678	100	100
1961—1965	679	2,24	800	97	118
1966—1970	729	3,36	843	104	124
1971—1975	821	3,01	1075	117	158
1976—1980	765	3,24	1157	109	171
1946—1953[a]	674	1,46	521	—	—
1947—1955[b]	668	1,80	658	—	—

a Według danych A. Leś-Rogoż (1962).

b Według danych J. Punzeta (1959). W obu wypadkach średnie roczne sumy opadów atmosferycznych dotyczą całej zlewni, a nie jak w wieloleciu 1954—1980 tylko posterunku w Katowicach.

http://rcin.org.pl

równaniu ze wzrostem opadów świadczy niewątpliwie o wpływie czynników antropogenicznych na zmiany odpływu Rawy. Można tu już mówić o dominującym udziale wód obcych w rzeczywistym odpływie rzecznym. Potwierdza to też wykres krzywych sumowych odpływu Rawy w Szopienicach i opadów w Katowicach (ryc. 3) oraz podwójnej krzywej kumulacyjnej odpływu i opadów w wieloleciu 1954—1980 (ryc. 4), wykreślonych zgodnie z zaleceniami I. Dynowskiej, A. T. Jankowskiego i R. Soji (1985). Wynika z nich, a szczególnie z podwójnej krzywej sumowej, że w latach 1962—1964 zarysował się wyraźnie początek przewagi antropogenicznej składowej przepływu nad jego naturalną składową.



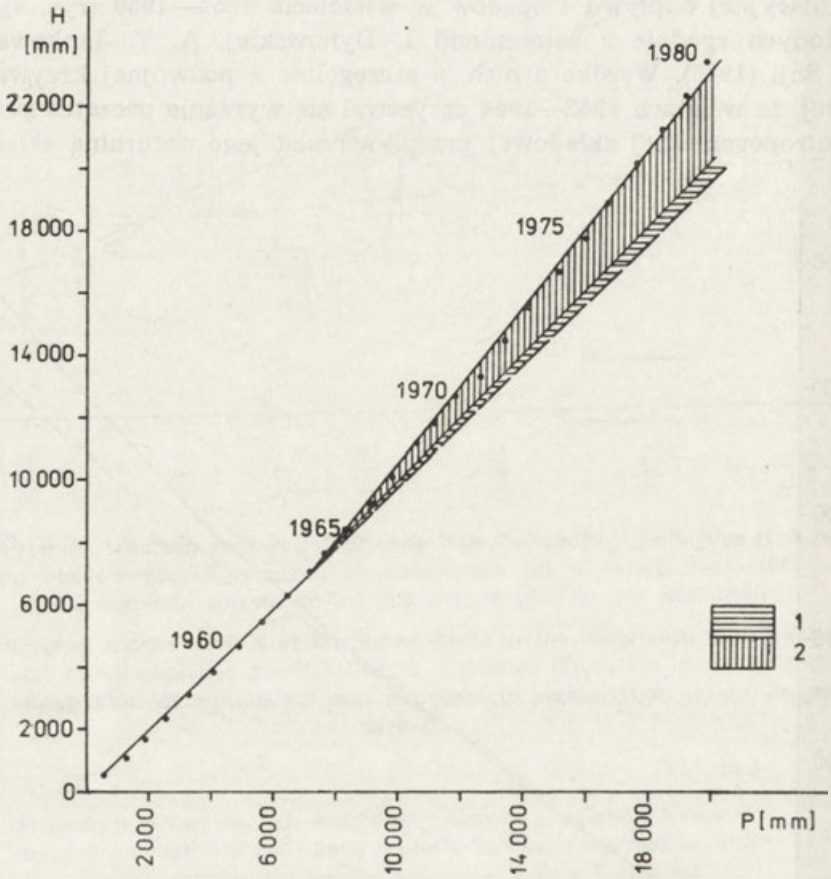
Ryc. 3. Krzywe sumowe: odpływu Rawy w profilu Szopienice (H) i opadów atmosferycznych w Katowicach (P)

Sum curves of: Rawa run-off in the Szopienice profile (H) and atmospheric precipitation in Katowice (P)

Dokonano też próby oceny wielkości przepływu Rawy spowodowanego przyczynami naturalnymi (opadami) i przyczynami antropogenicznymi. Ocenę tę przeprowadzono stosując zmodyfikowaną przez A. T. Jankow-

http://rcin.org.pl

skiego (1986a, b) metodę krzywej skumulowanych różnic wartości współczynnika przepływu (K-1) I. S. Zajcewej (1984). Średni roczny przepływ w okresie 1954—1960 przyjęto za równy jedności, zakładając że w okresie tym wpływ antropopresji na odpływ nie był tak duży, jak w latach



Ryc. 4. Podwójna krzywa kumulacyjna rocznych odpływów (H) Rawy w profilu Szopienice oraz opadów atmosferycznych w Katowicach (P) w latach 1954—1980

1 — wzrost odpływu spowodowany wzrostem opadów (czynnik naturalny-meteorologiczny), 2 — wzrost odpływu związany ze wzrostem wód obcych (czynnik antropogeniczny)

Dual cumulative curve of annual run-off (H) of the Rawa River in the Szopienice profile and of atmospheric precipitation in Katowice (P) in the years 1954—1980

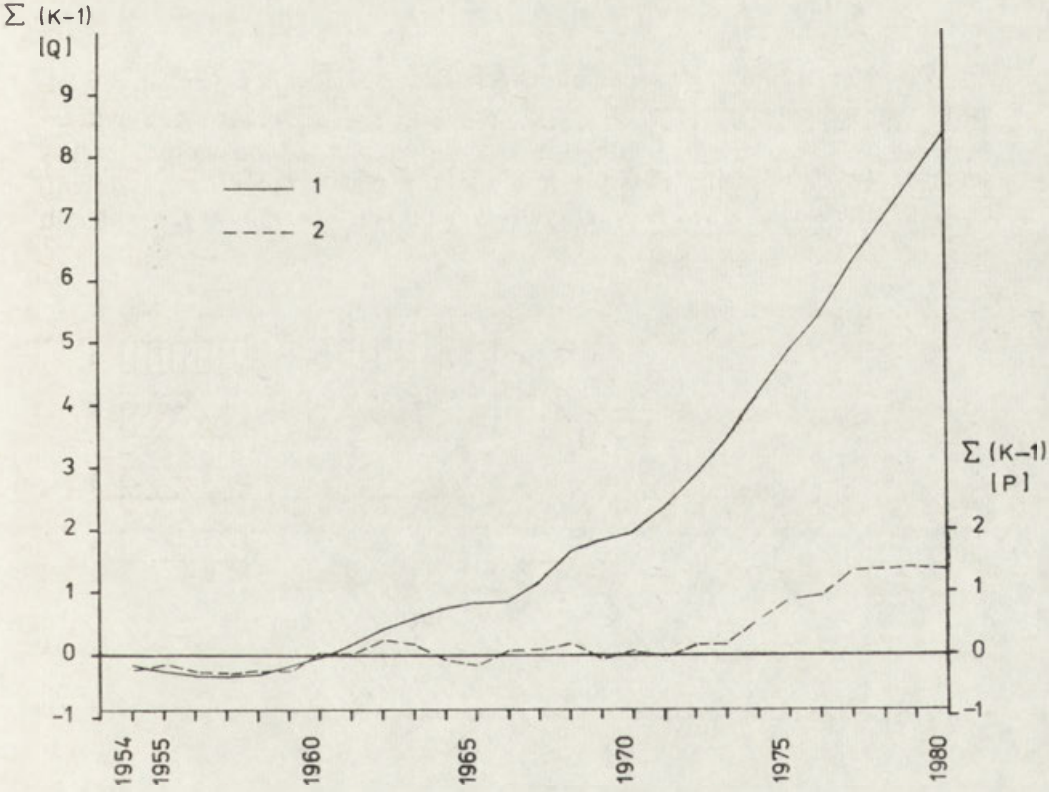
1 — inceased run-off caused by increased atmospheric precipitation (natural, meteorological factor); 2 — increased run-off related to increased outside water (anthropogenic factor)

następnych. Obliczono różnice (K-1) w poszczególnych latach i wykreślono krzywą skumulowanych wartości różnic współczynnika przepływu. Podobnie postąpiono z rocznymi sumami opadów atmosferycznych w Katowicach (ryc. 5). Okazało się, że skumulowane wartości różnic (K-1)

http://rcin.org.pl

rocznych sum opadów atmosferycznych w latach 1954—1980 wyniosły 1,32, natomiast wartość skumulowanych różnic współczynnika przepływu aż 8,33. Wskazuje to więc na bardzo duży wpływ czynników antropogenicznych na wzrost przepływu Rawy (7,01) i niewielki, ale zaznaczający się wpływ czynników naturalnych, meteorologicznych (1,32). Opady również wykazują wzrostową tendencję w tym wieloleciu (prosta regresji — ryc. 2, prosta b).

W przeliczeniu na średni roczny odpływ wielkości te odpowiadają: 44 mm — stanowiącym wzrost spowodowany warunkami hydrometeorologicznymi i 237 mm — związanych z rosnącą antropogeniczną składową odpływu (głównie przerzuty wody i wody dołowe). Ich skumulowane wielkości zaznaczono na rycinie 4.



Ryc. 5. Krzywe skumulowanych wartości różnic współczynnika przepływu Rawy w profilu Szopienice (1) oraz różnic rocznych sum opadów atmosferycznych w Katowicach (2) w latach 1954—1980

Curves of cumulated differences of the Rawa flow coefficient in the Szopienice profile (1) and of differences of annual totals of atmospheric precipitation in Katowice (2) in the years 1954—1980

http://rcin.org.pl

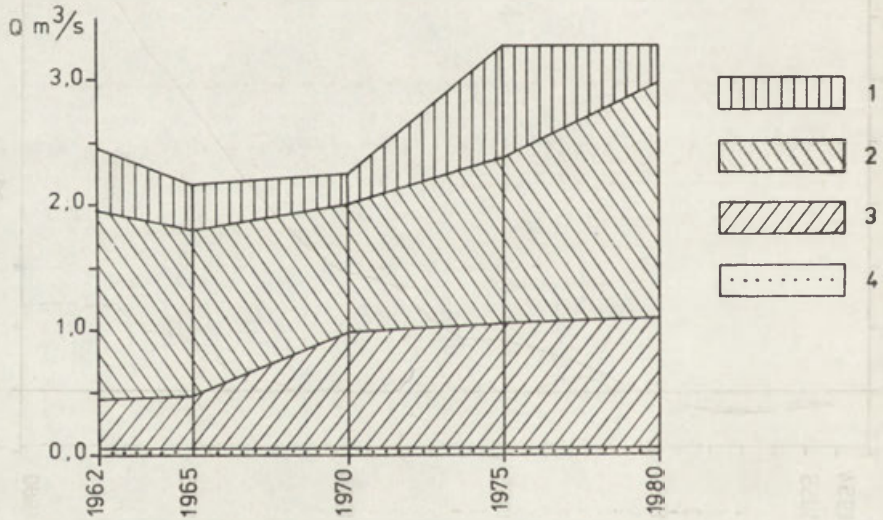
Tabela 4

Udział wody naturalnej w rzeczywistym przepływie Rawy w profilu Szopienice

Rok	Ilość ścieków w m^3/s			Przepływ w m^3/s		Udział wody naturalnej w rzeczywistym przepływie w %
	przemysłowych[a]	komunalnych[a]	niekontrolowanych[b]	rzeczywisty	wody naturalnej	
1962	1,53	0,42	0,035	2,47	0,48	19
1965	1,34	0,43	0,035	2,18	0,37	17
1970	1,03	0,95	0,035	2,24	0,22	10
1975	1,33	1,01	0,035	3,27	0,88	27
1980	1,88	1,06	0,035	3,26	0,28	8

a Według danych WOŚGIGW UW w Katowicach.
b Według danych szacunkowych zebranych w trakcie kartowania terenowego (Kwiatkowska 1985).

Wśród czynników antropogenicznych oddziałujących na zmiany wielkości odpływu decydującą rolę odgrywa gospodarka wodno-ściekowa zakładów przemysłowych i obiektów komunalnych, a szczególnie zrzuty ścieków (wody przemysłowej i komunalnej pochodzącej spoza zlewni) oraz wód dołowych w normalnych warunkach nie biorących udziału



Ryc. 6. Udział wód obcych (ścieków) w rzeczywistym odpływie Rawy w profilu Szopienice

1 — woda z drenażu zlewni (naturalna); 2 — ścieki przemysłowe; 3 — ścieki komunalne; 4 — niekontrolowane zrzuty ścieków

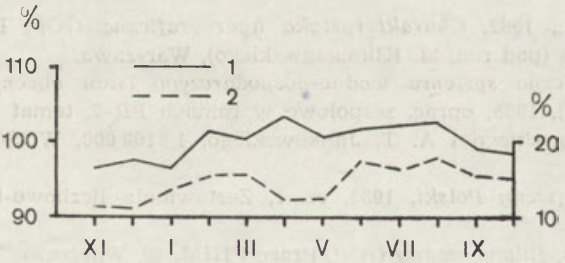
Share of outside water (waste water) in the actual run-off of the Rawa River in the Szopienice profile

1 — water from the drainage of the catchment area (natural); 2 — industrial effluent water; 3 — municipal wastes; 4 — uncontrolled waste water dump

http://rcin.org.pl

w odpływie rzecznym. Na podstawie danych, pochodzących z Wydziału Ochrony Środowiska, Geologii i Gospodarki Wodnej Urzędu Wojewódzkiego w Katowicach, jak również zakładów przemysłowych oraz oczyszczalni ścieków zlokalizowanych w zlewni Rawy, ustalono ilość ścieków przemysłowych jak też komunalnych zrzucanych do rzeki i jej dopływów w latach: 1962, 1965, 1970, 1975 i 1980 (tab. 4). Oprócz zrzutów kontrolowanych zrzucane są do Rawy też ścieki „indywidualne", „dzikie", nie rejestrowane. W trakcie przeprowadzanych badań terenowych J. Kwiatkowska (1985) skartowała wzdłuż całego biegu Rawy 70 pojedynczych zrzutów. Zakładając ich średnią, jednostkową wydajność na 0,5 l/s otrzymano 0,035 m^3/s przepływu. Zrzuty te są stałe i dlatego wartość tę przyjęto we wszystkich analizowanych przekrojach czasowych oraz wprowadzono na wykres udziału ścieków w rzeczywistym odpływie Rawy (ryc. 6).

Z tabeli 4 i ryciny 6 wynika, że w przepływie Rawy dominują ścieki przemysłowe i komunalne, natomiast wody naturalne stanowią zaledwie 8—27% rzeczywistej ilości wód płynących rzeką w profilu Szopienice. Ma to swą konsekwencję w katastrofalnym zanieczyszczeniu rzeki, uznanej obecnie za kanał ściekowy. Duża ilość wody pochodzącej spoza zlewni w odpływie rzecznym powoduje wyrównanie przepływów, co w konsekwencji powoduje zmianę reżimu odpływu. Zmiana reżimu odpływu przejawia się zmniejszeniem amplitudy wahań sezonowych (96,2—102,6%) oraz wahań przypadkowych mieszczących się w granicach 11,0—17,8% (ryc. 7) ze średnią ich wielkością równą 14,4%.



Ryc. 7. Wahania sezonowe (1) i przypadkowe (2) Rawy w profilu Szopienice w dwudziestoleciu 1961—1980

Seasonal (1) and casual (2) variation of the Rawa River in the Szopienice profile in the years 1961—1980

UWAGI KOŃCOWE

Ogólnie można stwierdzić, że przekształcenie naturalnych stosunków wodnych rzeki Rawy nastąpiło w głównej mierze wskutek działania czynników antropogenicznych bezpośrednich oraz pośrednich. Decydującą rolę odgrywa gospodarka wodnościekowa zakładów przemysłowych i komunalnych, odwadnianie górotworu poprzez zrzuty do Rawy wód

http://rcin.org.pl

dołowych (kopalnianych), drenaż wód siecią kanalizacyjną oraz wszelkie prace i budowle regulacyjne związane z osiadaniem koryta rzeki pod wpływem eksploatacji górniczej węgla kamiennego.

LITERATURA

Czaja S., 1986, *Wpływ gospodarczej działalności człowieka na reżim odpływu Brynicy*, [w:] Kaniecki A. (red.), *Hydrologia regionalna i procesy hydrologiczne w zlewniach*, UAM Poznań, s. 53—58.

Czaja S., Jankowski A. T., 1986, *Anthropogenic changes of river runoff regime in the region of Katowice province*, [w:] *Hydrological processes in the catchement*, part 2 — *Catchment runoff*, Kraków, s. 39—48.

Die Abwässerbehandlung im Rawa-Gebiet, Gebrüder Böhm in Kattowitz, 1911.

Dynowska I., Jankowski A. T., Soja R., 1985, *Metody oceny wpływu gospodarczej działalności człowieka na odpływ*, Folia Geogr., ser. Geogr.-phys., 17, s. 105—119.

Gilewska S., 1972, *Wyżyna Śląsko-Małopolska*, [w:] Klimaszewski M. (red.), *Geomorfologia Polski*, t. 1, s. 232—339.

Jankowski A. T., 1986a, *Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych na obszarze uprzemysławianym i urbanizowanym (na przykładzie Rybnickiego Okręgu Węglowego)*, Prace Nauk. US, 868, Katowice.

— 1986b, *Ocena wpływu gospodarczej działalności człowieka na zmiany odpływu Szotkówki i Lesznicy w latach 1963—1980*, [w:] Kaniecki A. (red.), *Hydrologia regionalna i procesy hydrologiczne w zlewniach*, UAM Poznań, s. 235—241.

Karaś-Brzozowska C., 1960, *Charakterystyka geomorfologiczna GOP*, Biul. Komisji ds. GOP PAN, 37 (pod red. A. Klimaszewskiego), Warszawa.

Kwiatkowska J., 1985, *Antropogeniczne przeobrażenia reżimu wodnego rzeki Rawy*, Sosnowiec (mpis pr. magist. wykonanej w Katedrze Geogr. Fiz. WNoZ US).

Leś-Rogoż A., 1962, *Charakterystyka hydrograficzna GOP*, Biul. Komisji ds. GOP PAN, 64 (pod red. M. Klimaszewskiego), Warszawa.

Mapa hydrograficzna systemu wodno-gospodarczego (stan obecny i perspektywa do roku 2000), 1985, oprac. zespołowe w ramach PR-7, temat 05.01.12 pod kier. J. Trembaczowskiego i A. T. Jankowskiego, 1 : 100 000, WOŚGiGW UW Katowice.

Podział hydrograficzny Polski, 1983, cz. I, Zestawienia liczbowo-tekstowe, IMGW, Warszawa.

Punzet J., 1959, *Bilans wodny GOP*, Prace PIHM, 49, Warszawa.

— 1983, *Zasoby wodne dorzecza Górnej Wisły*, Rocz. Nauk. Roln., ser. D, 192.

Zajcewa, I. S., 1984, *Mietody analiza gidrołogiczeskich riadow s celjuocenki antropogennych izmienienii (na primierie Wołgi)*, Izw. AN SSSR, ser. Geograf., 1, s. 116—123.

Żmuda S., 1973, *Antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego konurbacji górnośląskiej*, SIN—PWN.

THE IMPACT OF INDUSTRY AND URBANIZATION ON CHANGES OF THE RAWA RIVER RUN-OFF

Summary

The work attempts to assess the impact of anthropogenic factors (urbanization and industrialization) on changes of the Rawa river run-off. The Rawa drainage area, the biggest right-sided tributary of the Brynica river, is situated in the

http://rcin.org.pl

middle part of the Upper Silesian Industrial Region. The impact of anthropogenic factors there dates back to the 13th and 14th century but has been particularly marked in recent years (mainly after 1960). The drainage area controlled by a watergauge profile in Szopienice is urbanized in 76.5 per cent (Fig. 1). The river is a receiving body of municipal wastes and industrial effluent water (collieries, steel mills, coking plants and other industrial plants).

An analysis of changes of the Rawa river run-off in the years 1954—1980 (Table 2) was made by means of the method of sum curves of run-off, precipitation (Fig. 2), dual cumulative curve (Fig. 3) and cumulated differences of flow coefficient (K-1) and cumulated differences of annual totals of atmospheric precipitation (Fig. 4). A systematic increase of the Rawa river run-off was recorded. It was mainly due to anthropogenic factors (some 237 mm), the impact of natural conditions, i.e. atmospheric precipitation being of secondary importance (increase in run-off by some 44 mm). The growing share of outside waters (mine as well as industrial and municipal water coming from water transfer) resulted in a decrease in the share of natural water (coming from water supply from the catchment area) to only 8—27 per cent of the total (actual) river run-off in the years 1954—1980 (Table 4). Whereas in 1910, the share of this component of run-off amounted to 41 per cent (Table 1).

Translated by A. Dylewska

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И УРБАНИЗАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕКИ РАВА

Резюме

В работе предпринимается попытка оценить воздействие антропогенных факторов (урбанизации и индустриализации) на изменение стока р. Рава. Водосборный бассейн Равы, крупнейшего правого притока р. Брыница, находится в центральной части Верхнесилезского промышленного округа. Воздействие антропогенных факторов датируется здесь из XIII—XIV веков, но в последнее время (особенно после 1960 г.) обозначилось особенно резко. Водосбор, контролируемый водомерным постом в м. Шопенице, урбанизован в 76,5% (рис. 1). Река получает бытовые и промышленные стоки (из рудников, металлургических и коксовых заводов и др. промышленных предприятий).

Анализ изменений стока Равы в период 1954—1980 гг. (табл. 2) проведён методом кумулятивных кривых стока, осадков (рис. 2), двойной кумулятивной кривой (рис. 3), а также накопленных разлиц величины коэффициента расхода (К-1) и накопленных величин разниц годовых сумм атмосферных осадков (рис. 4). Отмечается систематический рост стока Равы, вызванный в первую очередь антропогенными факторами (ок. 237 мм) с второстепенным воздействием природных условий, т.е. осадков (рост стока на около 44 мм). Возрастающая роль чуждых вод (рудничных и промышленных, а также коммунальных, происходящих из перекидывания вод), приводит к уменьшению доли природной воды (из подачи воды из территории водосбора) в период 1954—1980 гг. к лишь 8—27% всего (действительного) речного стока (табл. 4). В 1910 г. эта доля составляла 41% (табл. 1).

Перевела Э. Яворска

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

STANISŁAW CZAJA

WPŁYW GÓRNICTWA I UPRZEMYSŁOWIENIA NA REŻIM ODPŁYWU RZEK W GÓRNOŚLĄSKIM OKRĘGU PRZEMYSŁOWYM NA PRZYKŁADZIE ZLEWNI BRYNICY DO PROFILU W SOSNOWCU

WSTĘP

Przemiany stosunków wodnych spowodowane antropopresją są skomplikowane, a ich przedstawienie jest w wielu wypadkach trudne ze względu na brak materiałów z okresu sprzed rozpoczęcia działalności gospodarczej. Ocena zakresu i wielkości przemian jest szczególnie trudna na obszarach, w których intensywna działalność gospodarcza jest prowadzona od kilkuset lat. Przykładem takiego obszaru jest Górnośląski Okręg Przemysłowy (GOP), w którym na skutek długotrwałych procesów degradacyjnych nastąpiły zmiany wszystkich komponentów środowiska przyrodniczego. Ingerencja człowieka w środowisko naturalne tego obszaru datuje się od XIII w., kiedy rozpoczęto eksploatację rud srebra i ołowiu. O skali działalności świadczy liczba kilkunastu tysięcy zarejestrowanych w XVI i XVII w. szybów wydobywczych oraz odwadnianie złóż kruszców (Molenda 1972).

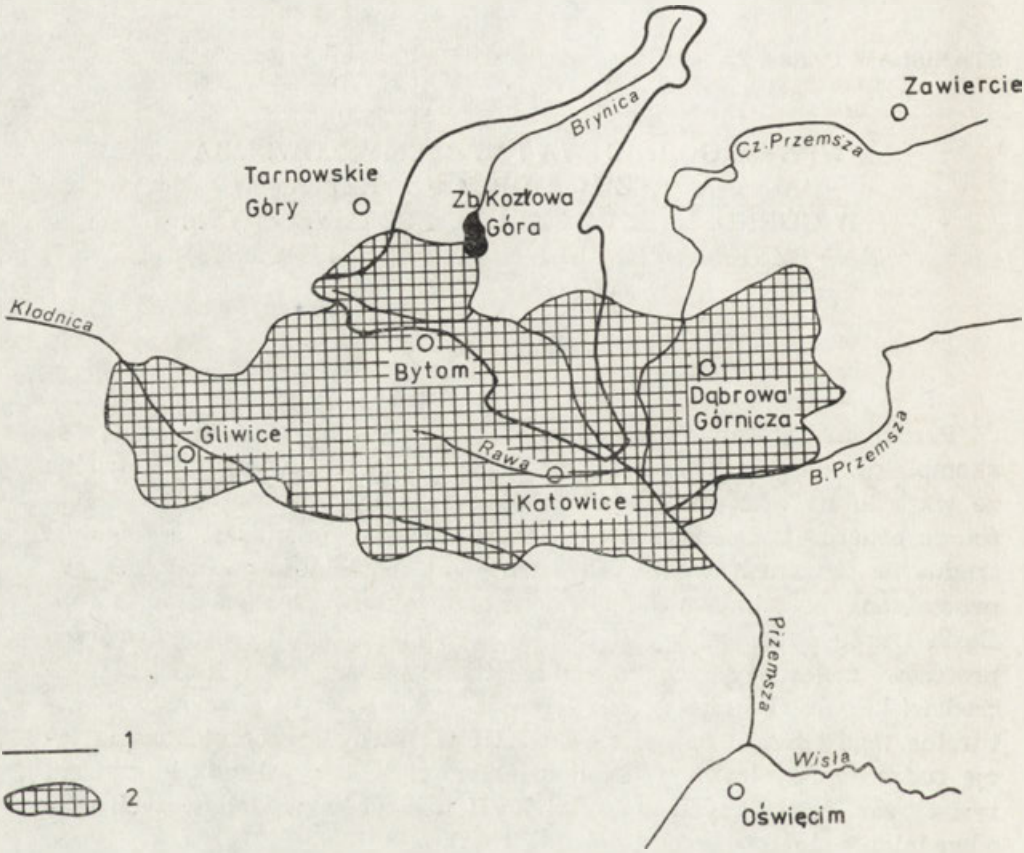
W XVIII w. był zastój gospodarczy na obszarze dzisiejszego GOP-u. W okresie tym głównym zajęciem ludności staje się ponownie rolnictwo, a przejawem ingerencji człowieka w stosunki wodne obszaru była budowa młynów i tartaków wodnych oraz stawów rybnych. Wiek XIX i XX, to okres żywiołowo rozwijającej się eksploatacji rud cynku i ołowiu, węgla kamiennego oraz rozwój przemysłu. Działalność ta doprowadziła do przemian środowiska przyrodniczego o rozmiarach nie spotykanych w innych regionach kraju.

Jednym z najbardziej przeobrażonych obszarów GOP-u jest zlewnia Brynicy (ryc. 1). Różnorodna działalność gospodarcza, a przede wszystkim prowadzona na wielką skalę eksploatacja cynku, ołowiu oraz

http://rcin.org.pl

węgla kamiennego, spowodowała przemiany stosunków wodnych w środkowej, a zwłaszcza w południowej części zlewni.

Górna część zlewni jest *przeobrażona nieznacznie*, głównie wskutek działalności rolniczej (zlewnia A). Stosunki w tej części zlewni mają charakter quasi-naturalny.



Ryc. 1 Położenie obszaru badań

1 — zlewnia Brynicy; 2 — Górnośląski Okręg Przemysłowy

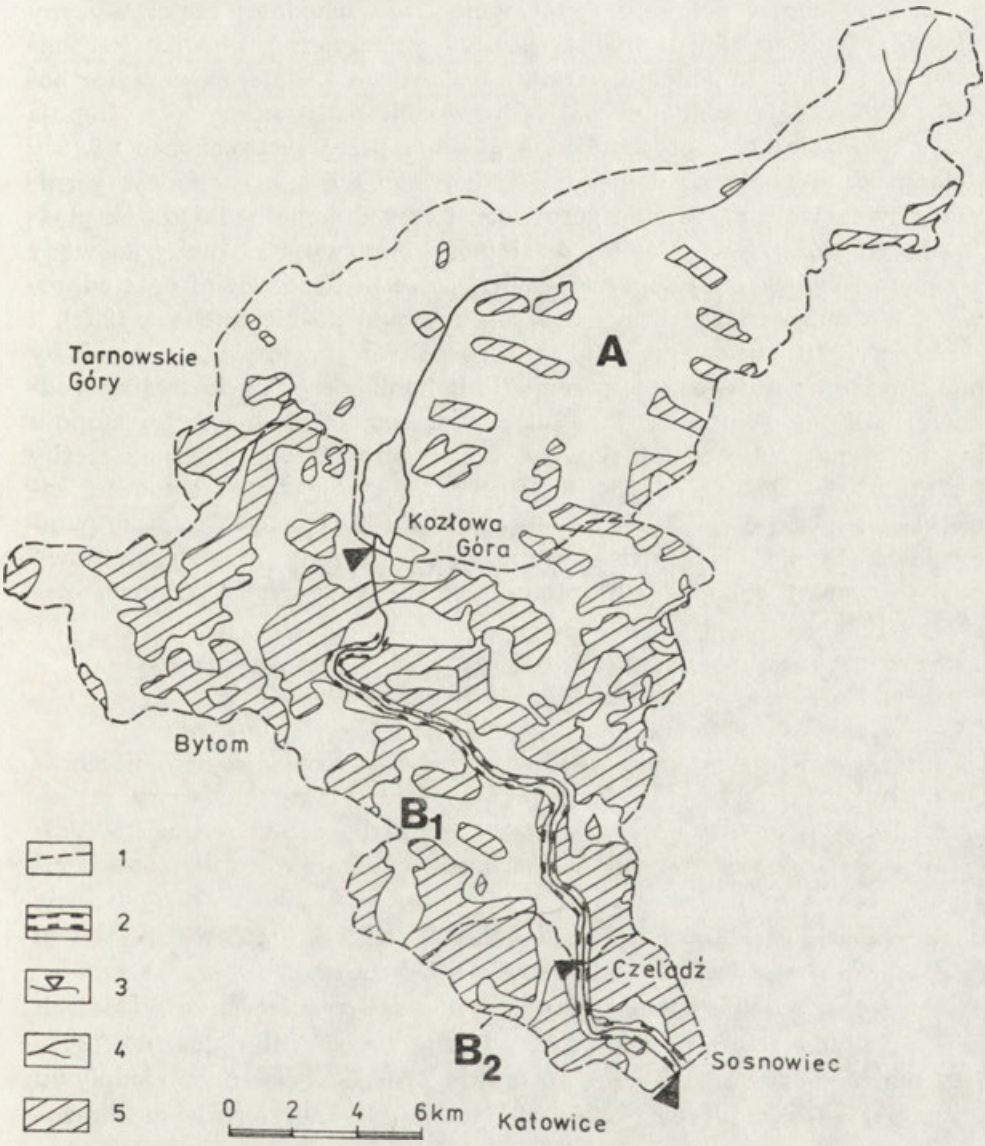
Location of the investigated area

1 — Brynica River drainage area; 2 — Upper Silesian Industrial Region

W obrębie zlewni *dolnej* stosunki wodne są przeobrażone (zlewnia B). W zlewni tej wydzielono obszar średnio przeobrażony znajdujący się między profilami w Kozłowej Górze i Czeladzi (zlewnia B_1) oraz obszar niemal *całkowicie przeobrażony* między profilami w Czeladzi i Sosnowcu (zlewnia B_2). Granicę między zlewnią quasi-naturalną a przeobrażoną stanowi zbiornik wodny na Brynicy w Kozłowej Górze (ryc. 2).

http://rcin.org.pl

Porównanie odpływu w tych dwóch częściach zlewni umożliwiło ocenę i skalę wpływu gospodarczej działalności człowieka na reżim odpływu Brynicy.



Ryc. 2. Antropogeniczne przeobrażenia powierzchni zlewni Brynicy

1 — granice zlewni; 2 — betonowe koryto Brynicy; 3 — profile wodowskazowe; 4 — cieki; 5 — zwarta zabudowa miejsko-przemysłowa; 3 — zlewnia quasi-naturalna; B_1 — zlewnia średnio przeobrażona; B_2 — zlewnia całkowicie przeobrażona

Anthropogenic transformations of the Brynica River drainage area's surface

1 — drainage area's boundary; 2 — concrete channel of the Brynica river; 3 — water gauge profiles; 4 — streams; 5 — compact urban and industrial settlement; A — quasi-natural drainage area; B_1 — partly transformed drainage area; B_2 — fully transformed drainage area

http://rcin.org.pl

WPŁYW ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO I GOSPODARCZEJ DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA NA ODPŁYW

Badany obszar położony jest w północno-wschodniej części Wyżyny Śląskiej. *Podłoże* zlewni budują utwory paleozoiczne, głównie karbońskie. Są to naprzemianległe warstwy piaszczyste i ilaste, zawierające bogate złoża węgla kamiennego. Na utworach paleozoicznych występują skały mezozoiczne, reprezentowane głównie przez kruszconośne utwory dolomityczno-wapienne dolnego i środkowego triasu. Działalność górnicza spowodowała naruszenie górotworu i odwodnienie nadkładu eksploatowanych złóż. W wyniku tej działalności obserwuje się ucieczkę wody z koryta Brynicy i jej dopływów w triasowe podłoże zlewni oraz odprowadzanie dużych ilości wód dołowych z kopalń do rzeki (Czaja 1987).

W wyniku znacznego skupienia górnictwa, przemysłu i zabudowy miejskiej oraz dużego zagęszczenia linii komunikacyjnych rzeźba środkowej jak też południowej części zlewni została w znacznym stopniu przeobrażona. Najbardziej typowymi formami antropogenicznej rzeźby terenu są zwałowiska, nasypy, doły po eksploatacji powierzchniowej, zapadliska i niecki z osiadania terenu oraz zwarta zabudowa miejsko-przemysłowa. Stopień *zainwestowania* terenu wyrażony przez procentowy udział zwartej zabudowy miejsko-przemysłowej wynosi (Runge, Zadrożny 1986):

— w zlewni quasi-naturalnej (A) — 8,2%,
— w zlewni średnio przeobrażonej (B_1) — 48,5%,
— w zlewni całkowicie przeobrażonej (B_2) — 82,0%.

Intensywny rozwój *przemysłu i urbanizacji* spowodował konieczność „importu" wody z sąsiednich terenów. Po wykorzystaniu wody te odprowadzane są do Brynicy jako ścieki komunalne i przemysłowe. Wynikiem tej działalności jest całkowite zaburzenie charakteru i wielkości odpływu ze zlewni przeobrażonej. Wody autochtoniczne wykorzystywane są do celów gospodarczych i komunalnych, toteż w odpływie ze zlewni przeobrażonej wody naturalne stanowią znikomą część.

Opady w obrębie zlewni Brynicy nie są zróżnicowane. W latach 1956—1980 na stacjach położonych w obrębie zlewni notowano 720—780 mm. Jednak roczny rytm opadów decyduje o zmienności odpływu jedynie w quasi-naturalnej części zlewni Brynicy. W zlewni przeobrażonej wody opadowe stanowią tylko niewielki procent odpływu, gdyż Brynica prowadzi duże ilości wód dołowych z kopalń oraz ścieki przemysłowe i komunalne. W tej części zlewni opady tylko w nieznaczny sposób wpływają na zmienność odpływu.

Główną *rzeką* badanego obszaru jest Brynica, uchodząca do Czarnej Przemszy. W zlewni naturalnej (A) Brynica i jej dopływy płyną w obrę-

http://rcin.org.pl

bie płaskich podmokłych dolin przez zwarte obszary leśne i łąkowe. Ich koryta są w wielu wypadkach uregulowane i pogłębione, a brzegi umocnione faszyną. Ingerencja człowieka w stosunki wodne ogranicza się do prowadzonych na niewielką skalę melioracji oraz umacniania brzegów koryt strug wodnych. Rytm odpływu w tej zlewni jest warunkowany prawie wyłącznie czynnikami przyrodniczymi.

W zlewni przeobrażonej (B) koryto Brynicy ujęte jest w żłób betonowy i na całej długości obwałowane (ryc. 2). Regulacja rzeki miała na celu zmniejszenie ucieczek wody z koryta do wyrobisk górniczych kopalń cynku, ołowiu i węgla kamiennego. Więź hydrauliczna rzeki z podłożem została zerwana, a wody cieków infiltrują w głąb eksploatowanego górotworu.

Cieki w przeobrażonej części zlewni Brynicy są w większości wypadków kolektorami ścieków przemysłowych i komunalnych oraz wód dołowych z kopalń. Natężenie ilości odprowadzania wszystkich rodzajów ścieków oraz wód dołowych do Brynicy zwiększa się w miarę zbliżania się w dół zlewni, co jest związane z rosnącym uprzemysłowieniem terenu. W wyniku tak wielkiego przeobrażenia stosunków wodnych w zlewni B nastąpiło całkowite zaburzenie naturalnego rytmu odpływu. Odpływ wód z tej zlewni zależy w znacznie większym stopniu od rytmu zrzutów ścieków niż od wielkości i rozkładu opadów.

GOSPODARCZA DZIAŁALNOŚĆ CZŁOWIEKA POWODUJĄCA ZMIANY REŻIMU ODPŁYWU

Do najważniejszych form gospodarczej działalności człowieka powodujących zmiany reżimu odpływu należą:

— ujęcia wód Brynicy i jej dopływów,
— ujęcie wód ze zbiornika w Kozłowej Górze,
— zrzuty wód dołowych z kopalń,
— doprowadzenie do Brynicy wód spoza zlewni,
— ucieczki wód Brynicy i niektórych jej dopływów w triasowe podłoże zlewni.

Ujmowane z *Brynicy i jej dopływów* wody najczęściej są wykorzystywane do celów chłodniczych przez zakłady przemysłowe zlokalizowane w miejscu ich poboru lub w najbliższej okolicy; odprowadzane są one następnie do rzeki. W latach 1890—1925, kiedy Brynica prowadziła wody mniej zanieczyszczone, pobór wody z jej koryta wynosił 0,6—0,8 m^3/s (Geisenheimer 1913, Łuczków 1928). Obecnie, ze względu na duży stopień zanieczyszczenia, wody Brynicy można wykorzystać jedynie do

http://rcin.org.pl

niektórych celów przemysłowych i wskutek tego ich pobór zmniejszył się o połowę (Czaja 1987; tab. 1).

Ujęcie wodne ze *zbiornika w Kozłowej Górze* ma znaczenie dla całego regionu. Zlokalizowana tam stacja wodociągowa pobiera niemal całkowitą ilość wody odpływającej z naturalnej zlewni Brynicy (A). Od-

Tabela 1

Zrzuty ścieków oraz wielkość poboru i ucieczek wód Brynicy w latach 1890—1980

Autor	Okres	Odcinek rzeki	Ucieczki wody m^3/s	Ilość ścieków m^3/s	Pobór wody m^3/s
P. Geisenheimer (1913)	1890—1905	Kozłowa Góra — Milowice (15 km)	—	1,50	0,60
W. Łuczków (1928 a)	1908	Kozłowa Góra — Milowice (15 km)	2,10	2,85	0,70
W. Łuczków (1928 a)	1924	Kozłowa Góra — Milowice (15 km)	2,10	3,28	0,76
W. Łuczków (1928 a)	1925	Kozłowa Góra — Milowice (15 km)	2,10	3,02	0,68
R. Rosłoński (1931, 1932)	1929—1931	Namiarki — Sosnowiec (20 km)	0,65—1,40	—	—
J. Punzet (1957)	1947—1950	Namiarki — Sosnowiec (20 km)	0,80—1,40	—	—
J. Punzet (1959)	1951—1955	Namiarki — Sosnowiec (20 km)	0,10—0,30	—	—
E. Zaczyński (1961)	1947—1957	Namiarki — Sosnowiec (20 km)	—	2,30	—
A. N. i S. Kotliccy (1959)	1958—1959	Namiarki — Sosnowiec (20 km)	0,16	—	—
S. Kotlicki (1964)	1947—1964	Namiarki — Sosnowiec (20 km)	0,97	—	—
S. Czaja (1987)	1966—1970	Namiarki—Sosnowiec (20 km)	0,28	2 ,46	0,37
S. Czaja (1987)	1971—1975	Namiarki — Sosnowiec (20 km)	0,31	2,61	0,43
S. Czaja (1987)	1976—1980	Namiarki — Sosnowiec (20 km)	0,37	3,37	0,45
IMGW — Katowice	1979—1980	Namiarki — Sosnowiec (20 km)	0,36	—	—

pływ wód z tego zbiornika odbywa się rzadko, tylko w bardzo wilgotnych okresach, kiedy dopływ wody do zbiornika przekracza jego możliwości retencyjne i zdolność odprowadzania przez stację pomp ujęcia wodociągowego. Według oceny Wojewódzkiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Katowicach, tylko 27% tych wód zasila Brynicę w formie ścieków. Pozostała ich część odprowadzana jest poza zlewnię.

http://rcin.org.pl

Zlokalizowane w obrębie zlewni kopalnie węgla kamiennego oraz rud cynku i ołowiu zrzucają *wody dołowe* do Brynicy lub jej dopływów. Część wód dołowych jest wykorzystywana do procesów technologicznych oraz jako wody pitne we własnych zakładach i niektórych przyfabrycznych osiedlach. Zrzuca się je po wykorzystaniu do Brynicy jako ścieki komunalne bądź przemysłowe.

Z powodu ogromnego deficytu wodnego, jaki odczuwa cały GOP, konieczne było *doprowadzenie* do zakładów przemysłowych oraz miast i osiedli położonych w obrębie zlewni Brynicy wód spoza niej. Wody te pochodzą z ujęć zlokalizowanych w rejonach bardziej zasobnych w wodę. Obecnie, do najważniejszych należy ujęcie ze zbiornika w Goczałkowicach na Wiśle, w Czańcu na Sole, w Maczkach na Białej Przemszy oraz ujęcie wód podziemnych koło Tarnowskich Gór. Część tych wód odprowadzana jest do zakładów przemysłowych oraz miast położonych w zlewni Brynicy, po wykorzystaniu zaś wody te odprowadzane są jako ścieki do Brynicy i jej dopływów.

Ucieczki wody z koryta Brynicy stwierdzono już w końcu XIX w. W tym okresie nastąpiło całkowite osuszenie nadkładu złóż cynkowo-ołowianych na skutek drenującej działalności kopalń. W obrębie koryta rzeki, na odcinku Piekary Śląskie—Milowice, obserwowano wiele miejsc zasysania wody oraz duże jej ubytki (Kowalski 1936; Łuczków 1928; tab. 1). Koryto Brynicy uszczelniono dopiero po drugiej wojnie światowej, w latach 1949—1951. Ten hydrotechniczny „zabieg" doprowadził do znacznego zmniejszenia ucieczek wody z rzeki. Jednak osiadania terenu w obrębie zlewni powodują niszczenie betonowego koryta rzeki i okresowe zwiększanie ucieczek wody (Czaja 1987; tab. 1).

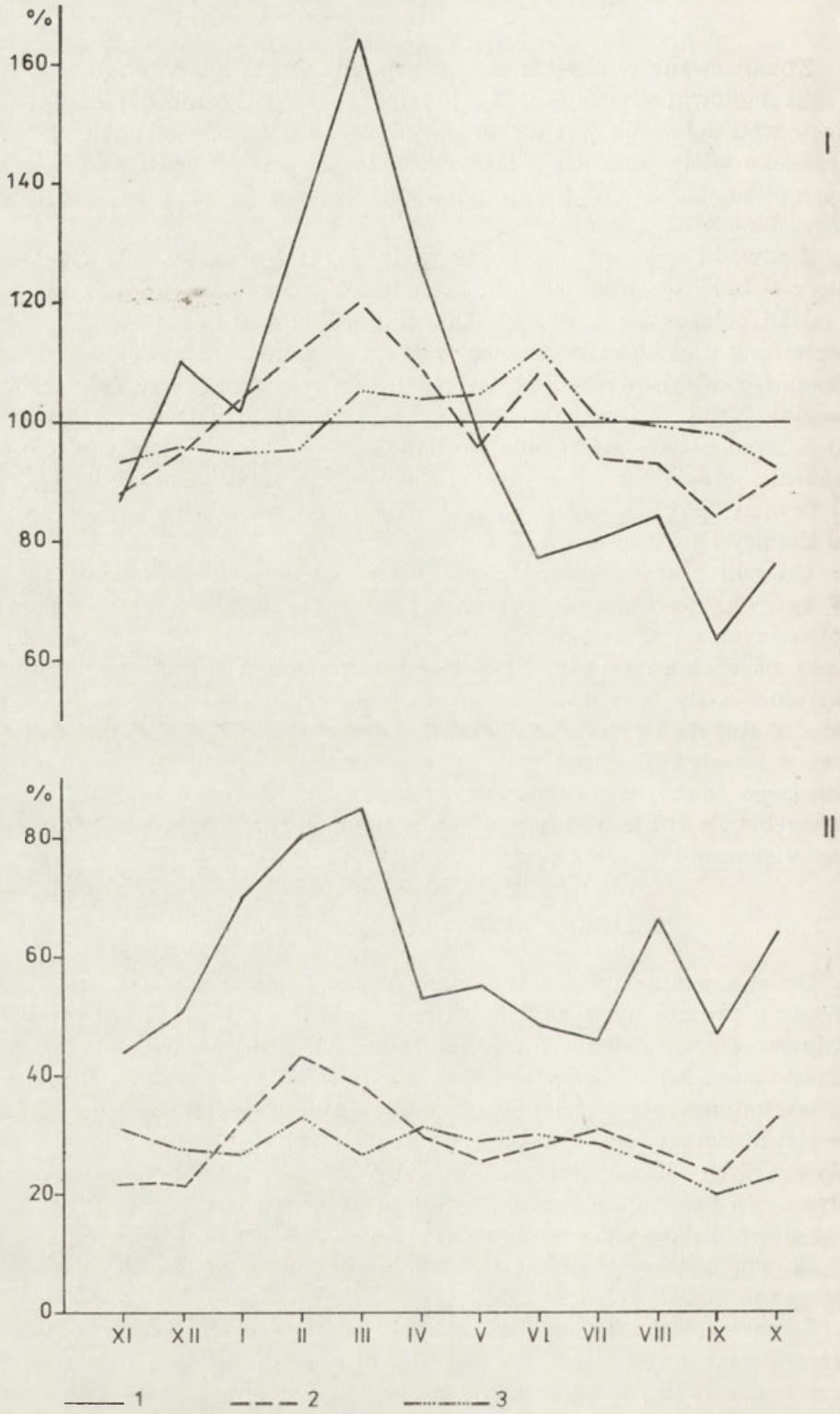
ZMIANA REŻIMU ODPŁYWU BRYNICY

Ocenę reżimu odpływu w zlewni Brynicy opracowano na podstawie średnich miesięcznych przepływów w latach 1961—1980 w profilach Kozłowa Góra (zlewnia quasi-naturalna A), Czeladź (zlewnia średnio przeobrażona B_1) i Sosnowiec (zlewnia całkowicie przeobrażona B_2). W celu wyeliminowania oddziaływania odpływu ze zlewni górnej na odpływ ze zlewni dolnej obliczono odpływy dla zlewni różnicowych. *Średni* odpływ z tych zlewni jest zróżnicowany. Ze zlewni naturalnej (A) odpływa 7,85 $l/s \cdot km^2$ ze zlewni średnio przeobrażonej (B_1) — 8,75 $l/s \cdot km^2$, a ze zlewni całkowicie przeobrażonej (B_2) — 36,6 $l/s \cdot km^2$.

W celu wykazania różnic w reżimie odpływu z badanych zlewni zastosowano model wahań w czasie.

Sezonowe wahania odpływu z badanych zlewni są w dużym stopniu zróżnicowane (ryc. 3 I). O ile dla zlewni quasi-naturalnej (A) i średnio przeobrażonej (B_1) rytm wahań sezonowych jest dość podobny, to ampli-

http://rcin.org.pl



http://rcin.org.pl

tuda wahań odpływu ze zlewni średnio przeobrażonej jest prawie trzykrotnie mniejsza niż w zlewni naturalnej (tab. 2). W zlewni całkowicie przeobrażonej (B_2) zarówno minima, jak i maksima odpływu nie nawiązują do obserwowanych w tym regionie zmian sezonowych (Czaja, Jankowski 1986). Amplituda wahań odpływu jest bardzo mała i nie przekracza 20% odpływu średniego.

Tabela 2

Wielkość wahań sezonowych i przypadkowych oraz tendencja odpływu w cząstkowych zlewniach Brynicy w latach 1961—1980

Zlewnia	Zakres wahań sezonowych %	Zakres wahań przypadkowych %	Średnie wahania przypadkowe %	Tendencja odpływu. Odpływ początkowy a_0 przyjęto za 0 %
A	64—172	44—84	76	+14,0
B_1	86—120	21—42	32	+145,4
B_2	92—112	20—33	25	—13,2

Z obliczonych wartości *wahań przypadkowych* wynika, iż ich rola jest szczególnie duża w zlewni A. W zlewniach B_1 i B_2 natomiast, rola wahań przypadkowych jest niewielka (ryc. 3 II; tab. 2).

Ważną cechą jest *tendencja* zmian odpływu. W zlewni naturalnej (A), nie ma wyraźnej tendencji zmian odpływu. W zlewni o średnim stopniu przeobrażenia (B_1), odpływ w badanym dwudziestoleciu wzrósł ponad dwukrotnie (tab. 2). Tak duży wzrost odpływu z tej zlewni był spowodowany stale wzrastającymi w tym okresie zrzutami ścieków i wód dołowych z kopalń do Brynicy. W zlewni całkowicie przeobrażonej (B_2) odpływ zmniejszył się mimo wzrostu opadów. Ujemna tendencja odpływu ze zlewni B_2 była spowodowana znacznie mniejszą ilością zrzutów wód dołowych w latach 1973—1980 na odcinku Czeladź—Sosnowiec (Czaja 1987). Zmniejszenie ilości wód dołowych odprowadzanych przez kopalnie położone w zlewni B_2 było spowodowane przesunięciem strefy eksploatacji węgla poza tą zlewnię i tym samym zmniejszeniem zasilania w wodę wyrobisk górniczych.

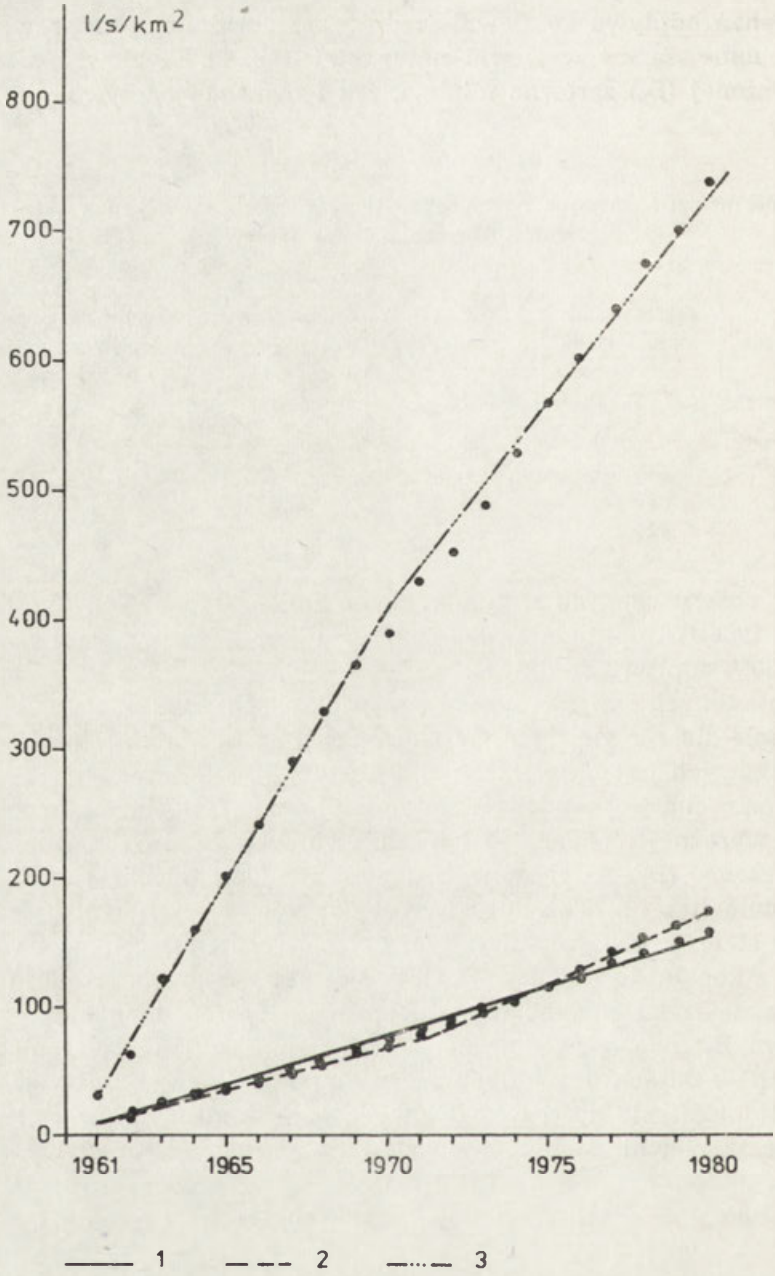
Ryc. 3. Wahania sezonowe I oraz wahania przypadkowe II w różnicowych zlewnich Brynicy

1 — zlewnia quasi-naturalna; 2 — zlewnia średnio przeobrażona; 3 — zlewnia całkowicie przeobrażona

Seasonal (I) and casual (II) variation in differential drainage areas of the Brynica River

1 — quasi-natural drainage area; 2 — partly transformed drainage area; 3 — fully transformed drainage area

http://rcin.org.pl



Ryc. 4. Krzywe sumowe średnich rocznych odpływów jednostkowych w różnicowych zlewniach Brynicy

1 — zlewnia quasi-naturalna; 2 — zlewnia średnio przeobrażona; 3 — zlewnia całkowicie przeobrażona

Sum curves of mean annual run modulus in the Brynica River differential drainage areas

1 — quasi-natural drainage area; 2 — partly transformed drainage area; 3 — fully transformed drainage area

http://rcin.org.pl

Inną ważną cechą różnicującą odpływ ze zlewni Brynicy jest wielkość odpływu jednostkowego. Ponieważ warunki środowiska przyrodniczego w obrębie zlewni Brynicy są w niewielkim stopniu zróżnicowane, odpływy jednostkowe ze zlewni cząstkowych winny być podobne. Na rycinie 4 przedstawiono krzywe sumowe średnich rocznych odpływów jednostkowych z badanych zlewni. Krzywa sumowa odpływu ze zlewni A ma przebieg zbliżony do linii prostej, co dowodzi, że odpływy z tej zlewni osiągają zbliżone wartości. Odpływ ze zlewni A jest wynikiem prawie wyłącznie procesów naturalnych. Krzywa sumowa odpływu ze zlewni B_1 nie jest linią prostą co świadczy o postępującym wzroście odpływu z tej zlewni (ryc. 4). Udział wód naturalnych w odpływie z tej zlewni wynosił 20—30%. Krzywa sumowa odpływu ze zlewni B_2 również nie jest linią prostą, lecz odchyla się ku dołowi, co świadczy o zmniejszaniu się odpływu z tej zlewni; udział wód naturalnych w przepływie wynosił tylko 5—10% (Czaja 1987).

PODSUMOWANIE

Reżim odpływu ze zlewni Brynicy jest znacznie zróżnicowany. W górnej *naturalnej* części zlewni jest kształtowany prawie wyłącznie przez czynniki przyrodnicze. Reżim odpływu ze zlewni dolnej *przeobrażonej* (B_1 i B_2) jest warunkowany głównie wielkością i rytmem zrzutów ścieków, a nie czynnikami przyrodniczymi.

Sezonowe wahania odpływu ze zlewni przeobrażonej (B_1 i B_2) są niewielkie, bowiem rytm odpływu warunkują nie podlegające wahaniom sezonowym procesy gospodarcze. Zakres wahań sezonowych w zlewni B_1 i B_2 jest odpowiednio trzykrotnie i pięciokrotnie mniejszy niż w zlewni A. Przypadkowe wahania odpływu ze zlewni przeobrażonej są również niewielkie. Są one odpowiednio w zlewni B_1 dwukrotnie, a w zlewni B_2 trzykrotnie niższe niż w zlewni A.

W zlewni Brynicy stwierdzono także wyraźną różnicę między wielkością odpływu ze zlewni naturalnej i przeobrażonej. Średni roczny odpływ ze zlewni przeobrażonej był pięciokrotnie większy niż ze zlewni naturalnej.

LITERATURA

Czaja S., 1987, *Zmiany stosunków wodnych w zlewni Brynicy w wyniku gospodarczej działalności człowieka*, Geographia, Studia et Diss, 11 (w druku).

Czaja S., A. T. Jankowski, 1986, *Anthropogenic changes of the river run-off regime in the region of Katowice Province*, Institute of Water Engineering and Water Menagement Cracow Technical University.

Geisenheimer P., 1913, *Die Wasserversorgung des Oberschlesieschen Industriebezirks*, Katowice.

http://rcin.org.pl

Kotlicka G. N., Kotlicki S., 1959, *Związek wód powierzchniowych z podziemnymi na obszarze S.K.C.P.*, Archiwum Inst. Geolog., Sosnowiec.

Kotlicki S., 1964, *Problem alimentacji wód powierzchniowych na obszarze GZP*, Przegl. Geolog., 7—8, Warszawa.

Kowalski L., 1936, *Nieco o hydrologii Brynicy*, Rocz. Pol. Tow. Geolog., 12, Kraków.

Łuczków W., 1928 a, *Einfluss des Flüsschens Brynica auf den Erz- und Kohlenbergbau des polnisch-oberschlesieschen und der Dąbrowaer Reviers*, Z. Oberschles. Berg- u. Hüttenm. Ver., 65, Katowice.

— 1928 b, *Zum projekt des Wasserhebwerks im Gebiete der Neu-Przemsza-Grube bei Brzezinka (Oberschlesien)*, Z. Oberschles. Berg- u. Hüttenm. Ver., 65, Katowice.

Molenda D., 1972, *Kopalnie rud ołowiu na terenie złóż śląsko-krakowskich w XVI—XVIII wieku*, Wrocław.

Punzet J., 1957, *O trudnościach bilansowania wód na obszarze GOP*, Gosp. Wodna, 10, Warszawa.

— 1959, *Bilans wodny GOP*, Prace PIHM, 49, Warszawa.

Rosłoński R., 1931, *Zanikanie wód rzeki Brynicy w rowie triasowym bytomskim*, Pos. Nauk. Państ. Inst. Geol., 30, Warszawa,

— 1932, *Infiltracja rzeki Brynicy w nieckę triasową bytomsko-będzińską*, Pos. Nauk. Państ. Inst. Geol., 33, Warszawa.

Runge J., Zadrożny T., 1986, *Delimitacja konurbacji górnośląskiej*, [w:] *Studia demograficzno-społeczne regionu katowickiego*, Prace Geogr. IGiPZ PAN.

Zaczyński E., 1961, *Zagadnienie gospodarki wodnej i oczyszczania ścieków na obszarze GOP-u i terenach przyległych*, Biul. Komitetu do spraw GOP-u, 51.

THE IMPACT OF MINING AND INDUSTRIALIZATION ON THE REGIME OF RIVER RUN-OFF IN THE UPPER SILESIAN INDUSTRIAL REGION ON THE EXAMPLE OF THE BRYNICA DRAINAGE AREA IN TO RIVER GANGING STATION SOSNOWIEC

Summary

The Brynica River drainage area is situated in an area partly untouched by man's economic activity and partly strongly transformed. The upper part of the drainage basin covers quasi-natural areas, while the lower one does the heavily urbanized and industrialized zone of the Upper Silesian Industrial Region. The rhythm of run-off from the natural drainage area (A) is determined by natural factors and corresponds to the regimen of run-off in other areas of the region. The regimen of run-off from the lower, transformed drainage area (B_1 and B_2) is largely dependent on the amount and rhythm of waste water dumps and only to a small extent on natural factors (Fig. 1).

Seasonal variation of run-off from the transformed drinage area (B_1 and B_2) is clearly moderated as the run-off rhythm is determined by economic processes which are not subject to seasonal variation. The seasonal variation range in drainage area A amounts to 108 per cent, in drainage area B_1 to 34 per cent, and in drainage area B_2 to 20 per cent (Table 2, Fig. 3).

The values of casual variation show that its role is big in the quasi-natural drainage area (A) and insignificant in the transformed drainage area (B_1 and B_2). Casual variation in drainage area A accounted for 76 per cent, in drainage area B_1 for 32 per cent and in drainage area B_2 for 25 per cent of the average run-off (Table 2).

http://rcin.org.pl

Big differences were also recorded in the size of run-off from the investigated drainage areas. In the natural drainage area the average annual run-off amounted to 7.85 l/s · km², in the partly transformed one to 8.75 l/s/km², and in the fully transformed one to 36.6 l/s · km².

Translated by A. Dylewska

ВЛИЯНИЕ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ НА РЕЖИМ СТОКА РЕК В ВЕРХНЕСИЛЕЗСКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ОКРУГЕ НА ПРИМЕРЕ ВОДОЗАБОРА РЕКИ БРЫНИЦА ДО СТВОРА В СОСНОВЦЕ

Резюме

Водозаборный бассейн Брыницы расположен частично на территории, не преображённой хозяйственной деятельностью, а частично на сильно преображённой человеком. Верхняя часть водозабора охватывает территории квази-природные, а нижняя — высоко урбанизованную и индустриализованную зону Верхнесилезского промышленного округа. Ритм стока из природного водозабора (А) обусловлен природными факторами и схож с режимом стока на других природных территориях этого региона. Режим стока из нижней, преображённой части водозабора (B_1 и B_2), обусловлен величиной и ритмами сбросов стока и в малой степени зависит от природных факторов (рис. 1).

Сезонные колебания стока из преображённого водозабора (B_1 и B_2) заметно смягчены, так как ритм стока обусловлен экономическими процессами, не подверженными сезонным колебаниям. Диапазон колебаний в водозаборе А составляет 108%, в водозаборе B_1 — 34%, а в водозаборе B_2 — 20% (табл. 2, рис. 3).

Из величин случайных колебаний вытекает, что их роль большая в квази-природном водозаборе (А), а незначительнее — в преображённом водозаборе (B_1 и B_2). Случайные колебания в водозаборе А составили 76%, в водозаборе B_1 — 32%, а в водозаборе B_2 — 25% средней величины стока (табл. 2).

Отмечались также большие разницы между величиной стока из исследуемых водозаборов. В природном водозаборе средний годовой сток составил 7,85 л/с/км², в средне преображённом водозаборе — 8,75 л/с·км², а в совершенно преображённом водозаборе — 36,6 л/с·км².

Перевела Э. Яворска

http://rcin.org.pl

http://rcin.org.pl

PAWEŁ JOKIEL
ZYGMUNT MAKSYMIUK

WPŁYW KOPALNI ODKRYWKOWEJ „BEŁCHATÓW" NA ZMIANY ODPŁYWU

ZARYS TREŚCI

Opracowanie dotyczy zmian odpływu wymuszonych przez intensywną działalność górnictwa odkrywkowego. Zawiera ono analizę czasowych i przestrzennych zmian różnych form odpływu z małej zlewni, położonej w zasięgu oddziaływania kopalni Bełchatów.

WPROWADZENIE

Środowisko geograficzne podlega ustawicznym przemianom naturalnym i wywołanym działalnością człowieka. Na wielu obszarach stopień przeobrażenia naturalnego środowiska jest tak duży, że można mówić o jego degradacji lub wręcz pojawieniu się katastrofy ekologicznej (Jankowski 1986). W odniesieniu do warunków wodnych zmiany są niekiedy wprost zatrważające (Mikulski 1979). Zachodzą one nie tylko w obrębie terenów zajętych bezpośrednio przez obiekty inwestycyjne, lecz wykraczają poza ich granice. Tego typu zakłócenia stosunków wodnych spowodowane są m.in. wgłębną i odkrywkową eksploatacją surowców mineralnych i energetycznych.

Do obszarów intensywnych przeobrażeń krajobrazowych i zmian stosunków wodnych należy rozwijający się Bełchatowski Okręg Przemysłowy. Zachodzące tu przeobrażenia stosunków wodnych obejmują:

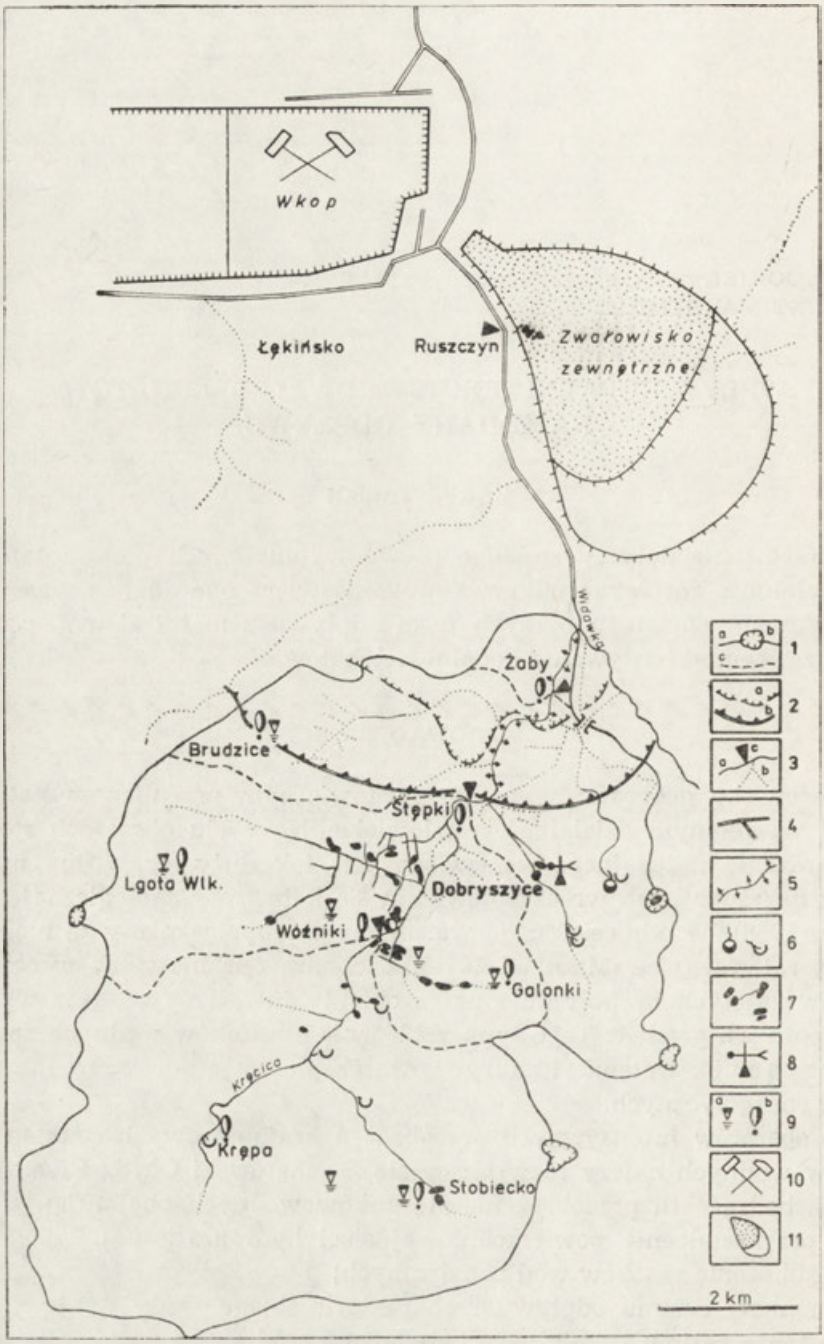
— przekształcenia powierzchniowej sieci hydrograficznej;

— zubożenie zasobów wód podziemnych;

— zmiany reżimu odpływu i charakteru obiegu wody w zlewniach, w tym także reżimu termicznego i chemizmu wód.

Podstawą prawidłowego kształtowania oraz zagospodarowania środowiska geograficznego jest jego rozpoznanie. Kierując się tą zasadą, zespół pracowników Zakładu Meteorologii, Klimatologii i Hydrologii UŁ w 1981 r. podjął prace badawcze zmierzające do rozpoznania intensyw-

http://rcin.org.pl



Ryc. 1. Położenie zlewni Kręcicy względem obiektów Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów"

1 — działy wodne: a) dział wodny zlewni Kręcicy, b) dział wodny zagłębień bezodpływowych, c) dział wodny zlewni cząstkowej; 2 — zasięg leja depresyjnego w utworach czwartorzędowych: a) stan z 1981 r., b) stan z 1985 r.; 3 — sieć rzeczna: a) stała, b) epizodyczna, c) wodo-

http://rcin.org.pl

ności i charakteru przemian stosunków wodnych w regionie bełchatowskim. Badaniami objęto przede wszystkim zlewnię Kręcicy, lewego dopływu Widawki (ryc. 1), położoną w bezpośrednim sąsiedztwie Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów" (KWB „Bełchatów"). Wyniki systematycznych pomiarów i obserwacji terenowych, zebranych m.in. metodą kartowania hydrograficznego, przedstawiono we wcześniejszych opracowaniach (Jokiel, Maksymiuk, Zawadzka 1985; Burchard, Jokiel 1984; Maksymiuk 1985; Jokiel, Wibig 1987; Jokiel, Maksymiuk 1986a, b).

ZAKRES I METODA OPRACOWANIA

Głównym celem pracy było uchwycenie ewentualnych zmian odpływu. We wstępnym etapie postawiono hipotezę, iż zmiany mogą mieć charakter zróżnicowany zarówno w przestrzeni, jak też w czasie. Dodatkowo istniało przekonanie, iż będą one dotyczyły różnych form odpływu. Tak z prowadzonych badań hydrogeologicznych, jak i corocznych zdjęć hydrograficznych wynikało, że lej depresyjny rozszerzał się i obejmował swoim oddziaływaniem coraz większe obszary badanej zlewni, od około 5% w 1982 r. do ponad 30% powierzchni w końcu okresu badawczego, tj. w 1985 r.

Seria obserwacji odpływu z poszczególnych zlewni elementarnych obejmowała okres od 1982 r. do końca 1984 r., tj. pełne trzy lata hydrologiczne. Z analizy odpływów codziennych oraz miesięcznych wynika, że odpływ z dolnej i środkowej części zlewni sukcesywnie się zmniejszał; odpływy rejestrowane na wodowskazie dolnym były nższe niż na wodowskazie górnym. Fakt ten sugerował ucieczkę wody z koryta Kręcicy, zwłaszcza na jej dolnym odcinku: Żaby—Stępki. Tak więc kierunek zmian odpływu był już w zasadzie wiadomy. Odpływ z części środkowej i dolnej ulegał stopniowemu zmniejszaniu. Tym samym dolna część zlewni stawała się stopniowo bezodpływowa powierzchniowo i podziemnie. Potwierdziły to także wyniki badań terenowych. Nastąpił zanik stałej

---

wskaz; 4 — cieki uszczelnione folią z betonem; 5 — ciek tracący wodę, irygujący; 6 — źródła i wysięki; 7 — stawy i wyrobiska potorfowe wypełnione wodą; 8 — stacja meteorologiczna Zakładu Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ; 9 — posterunki pomiarowe: a) wód podziemnych, b) opadów atmosferycznych; 10 — wyrobisko górnicze; 11 — hałda, zasięg aktualny i projektowany

Location of the Kręcica drainage area against the "Bełchatów" lignite open pit objects

1 — watersheds: a) watershed of the Kręcica drainage area, b) watershed of pits without run-off, c) watershed of partial drainage area; 2 — extent of cone of depression in Quaternary formations: a) state in 1981, b) state in 1985; 3 — Streams: a) permanent, b) episodic, c) water gauges, 4 — streams tightened with foil and concrete; 5 — stream losing water — irrigating; 6 — springs and exudations; 7 — ponds and peat excavations filled with water; 8 — meteorological station of the Institute of Hydrology of Łódź University; 9 — measuring posts: a) underground water, b) atmospheric precipitation; 10 — mining excavation; 11 — heap — actual and planned extent

http://rcin.org.pl

i okresowej sieci rzecznej oraz znaczne obniżenie zwierciadła wody podziemnej, co w konsekwencji doprowadziło do apotamiczności pierwotnie płytkich poziomów wodonośnych (Jokiel, Maksymiuk 1986a; Jokiel, Wibig 1987).

W celu przeanalizowania zmian ilościowych poszczególnych form odpływu (całkowitego i podziemnego) zastosowano metodę polegającą na analizie szeregu chronologicznego. W tym szeregu zmienna niezależna ma charakter dyskretny i wyrażona jest w jednostkach czasu (miesiące począwszy od listopada 1981 r.). Zmienną zależną są różne formy odpływu z poszczególnych zlewni lub ich pochodne, np. współczynnik odpływu.

Analizie poddano trzyletnie ciągi chronologiczne średnich miesięcznych wartości różnych charakterystyk odpływu z trzech zlewni: górnej do wodowskazu Woźniki, górnej i środkowej do wodowskazu Stępki i całej zlewni do wodowskazu w Żabach.

Powszechnie wiadomo, że na wielkość zmiennej zależnej w szeregach czasowych wpływają cztery wzajemnie nakładające się na siebie składniki: wahania periodyczne, wahania losowe, wahania katastrofalne, tendencje rozwojowe.

Postawione zadanie wymagało uchwycenia zmian mających charakter ogólny, przy wykluczeniu periodyczności i losowości zjawiska. Chodziło więc o uchwycenie pewnej, względnie trwałej tendencji odpływu.

W przypadku badanych szeregów długość była w zasadzie wystarczająca ($t > 30$), niemniej z uwagi na podkreślany często losowy charakter odpływu przy jednoczesnych tendencjach do cykliczności wieloletniej (Stachy 1970), uzyskane wyniki należy traktować ostrożnie. Osobnym zagadnieniem jest problem wyboru modelu tendencji.

Winien tu wystąpić pewien rodzaj kompromisu między dokładnością odwzorowania a nakładem pracy (Naef 1982).

Wśród metod szacowania tendencji rozwojowej w szeregach chronologicznych największe uznanie zdobyły metody polegające na średnich ruchomych, autokorelacji oraz metody analityczne. Te ostatnie mają tę przewagę nad pozostałymi, iż za ich pomocą istnieje możliwość uzyskania zależności danego zjawiska od czasu. Należy jednak podkreślić, że tak ustalona zależność jest spełniona w zasadzie dla danego szeregu. Każda jej ekstrapolacja poza obszar zdarzeń empirycznych winna być prowadzona bardzo ostrożnie i w rozsądnych granicach czasowych.

Do aproksymacji linii tendencji można użyć każdej dowolnej funkcji. Najczęściej jednak wystarczającą dokładność uzyskuje się w wyniku zastosowania modelu prostoliniowego.

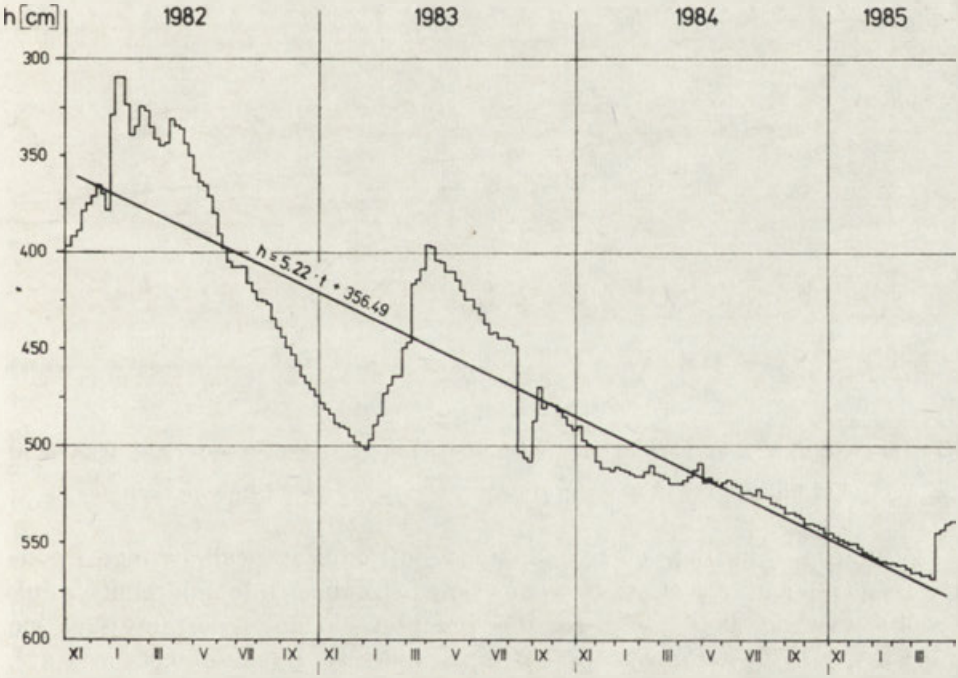
Siłę związku określa w tym wypadku współczynnik korelacji, natomiast istotność równań regresji można ocenić stosując statystykę Studenta (Tk) i błąd standardowy współczynnika regresji (br). Miary te zastosowano do analizy wszystkich badanych szeregów.

http://rcin.org.pl

TENDENCJE ZMIAN ODPŁYWU

Badania prowadzono w zlewni Kręcicy, lewego dopływu Widawki. Zlewnię tę podzielono na trzy jednostki elementarne. Każdą z nich zamknięto wodowskazem. Już w chwili zakładania wodowskazów można było przypuszczać, że zmiany odpływu w każdej z wydzielonych jednostek, wskutek rozwijającego się leja depresyjnego KWB „Bełchatów", będą różne. Spodziewano się, iż najmniejsze zmiany odpływu wystąpią w górnej części zlewni, położonej poza zasięgiem leja, natomiast największych zmian oczekiwano w dolnej części zlewni, w obrębie leja depresyjnego. W okresie badań powierzchnia leja sukcesywnie obejmowała coraz większy obszar, a granica jego zasięgu przesuwała się ku centrum badanej zlewni. Należało więc przypuszczać, że zmiany odpływu mogą być również zauważalne w środkowej części zlewni. W miarę postępu badań przewidywania te okazały się słuszne.

Na zmniejszanie się odpływu zwracano już uwagę we wcześniejszym opracowaniu (Jokiel, Maksymiuk 1986b). Zjawisko to stwierdzono w zlewni do wodowskazu w Stępkach, jak również w całej zlewni, zamkniętej wodowskazem w Żabach. W wypadku całej zlewni, istotne tendencje



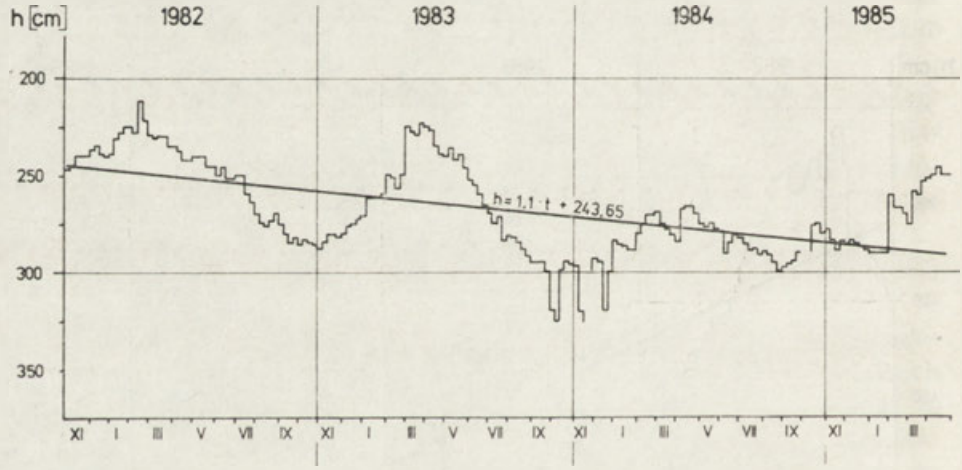
Ryc. 2. Brudzice. Diagram stanów wód podziemnych (zaznaczono linię tendencji)

Brudzice. Diagram of underground water level (trend line marked)

http://rcin.org.pl

stwierdzono zarówno w odniesieniu do odpływu całkowitego, jak też podziemnego. W zlewni zamkniętej wodowskazem w Stępkach dotyczyły one jedynie odpływu podziemnego. W górnej części zlewni, do wodowskazu Woźniki, istniejąca tendencja malejąca okazała się nieistotna. Trendy te sugerują, iż najpoważniejsze zmiany odpływu, tak całkowitego, jak i podziemnego zachodzą w dolnej części zlewni Kręcicy. Wyniki te są zbieżne z rezultatami badań terenowych przeprowadzonych na tym terenie w latach 1981—1985, dowodnie wskazującymi na postępujący zanik sieci hydrograficznej i obniżania się zwierciadła wody podziemnej (ryc. 2).

W środkowej części zlewni istotną tendencję malejącą wykazywał jedynie odpływ podziemny. Z przeprowadzonych badań terenowych wynika, iż w tej części zlewni zasilanie podziemne pochodzi z drenażu dwóch poziomów wodonośnych — naglinowego i podglinowego. Ponieważ nie stwierdzono istotnego prądu malejącego w przypadku stanów wód naglinowych (ryc. 3), natomiast wody podglinowe charakteryzują się dążnością do obniżania (ryc. 4), należy więc sądzić, że tendencja malejąca odpływu podziemnego jest spowodowana obniżaniem się poziomu podglinowego.

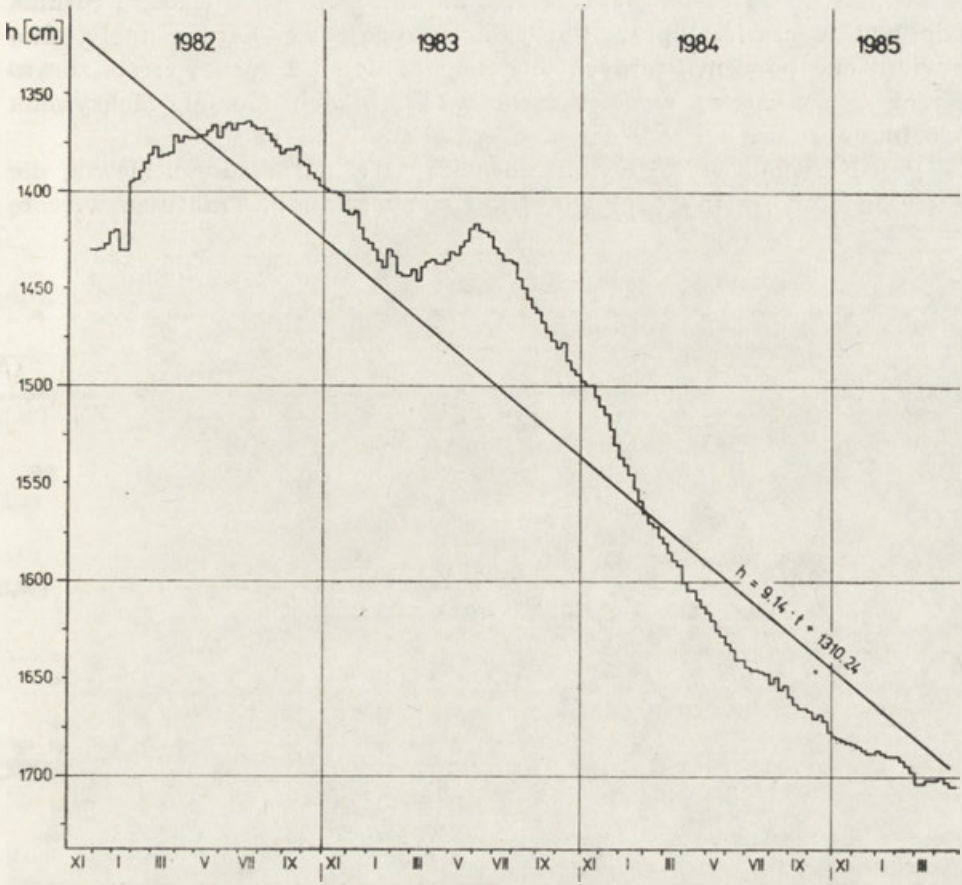


Ryc. 3. Woźniki. Diagram stanów wód podziemnych (zaznaczono linię tendencji)

Woźniki. Diagram of underground water level (trend line marked)

Z wcześniej ustalonych równań tendencji odpływu całkowitego i podziemnego zlewni Kręcicy po wodowskaz w Żabach (Jokiel, Maksymiuk 1986b) wynika, że średnio rocznie przepływ całkowity zmniejszył się o 0,11 $m^3 \cdot s^{-1}$, natomiast przepływ podziemny o około 0,08 $m^3 \cdot s^{-1}$. Wartości te odniesione do powierzchni zlewni dają zmniejszenie odpływu jednostkowego odpowiednio o około 1,8 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ i 1,4 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. Są one niemal identyczne z otrzymanymi przez G. Wachowiaka

http://rcin.org.pl



Ryc. 4. Lgota Wlk. Diagram stanów wód podziemnych (zaznaczono linię tendencji)
Lgota Wlk. Diagram of underground water level (trend line marked)

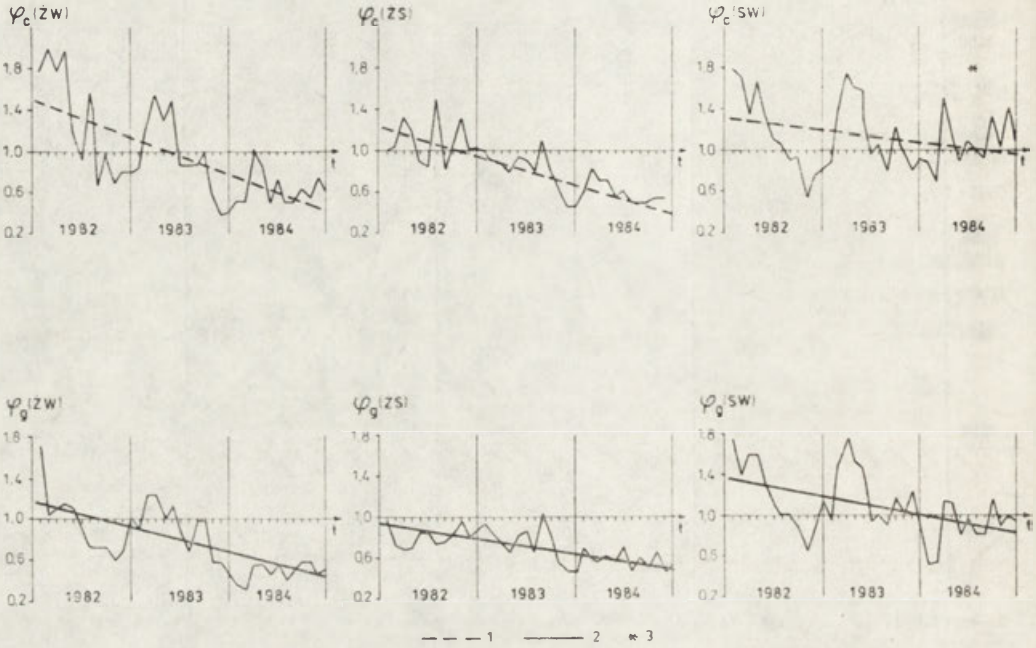
(1986a) dla zlewni górnej Widawki do wodowskazu w Ruszczynie. Autor ten, stosując metodę analogii (analogiem była zlewnia Grabi po Grabno), określił zmniejszenie przepływu całkowitego średnio o 0,71 $m^3 \cdot s^{-1}$, a podziemnego o 0,53 $m^3 \cdot s^{-1}$. Wartości te dają zmniejszenie odpływu jednostkowego o 2 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ i 1,6 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ średnio rocznie. Wyniki są więc podobne bez względu na zastosowaną metodę badawczą.

Należy podkreślić, że istnienie zmian odpływu całkowitego i podziemnego nie w pełni dowodzi, że są one tutaj powodowane jedynie antropopresją. Mogły one bowiem wynikać z okresowych wahań zasilania opadowego. Stwierdzono bowiem (Jokiel, Maksymiuk, Zawadzka 1985), iż w 1983 r. wysokość opadów wynosiła jedynie 75% wartości średniej wieloletniej. Ponadto wystąpiło pewne zakłócenie rozkładu tego elementu wyrażające się przewagą opadów półrocza zimowego (52%) w porówna-

http://rcin.org.pl

niu z półroczem letnim. Wpłynęło to niewątpliwie na wielkość i rozkład odpływu w czasie. Wpływ ten jednak wydaje się bardzo mały. Nie stwierdzono bowiem istotnych tendencji odpływu z górnej części zlewni Kręcicy, zamkniętej wodowskazem w Woźnikach (Jokiel, Maksymiuk 1986b).

Przedstawione wyżej wyniki dowodzą, iż w górnej części zlewni, nie zaszły istotne zmiany odpływu, jak i stanu retencji. Traktując więc tę



Ryc. 5. Zmiany wartości współczynników φ w okresie 1981—1984

1 — linie tendencji wartości φ dla odpływu całkowitego; 2 — linia tendencji wartości φ dla odpływu podziemnego; 3 — tendencja nieistotna; φ_c — stosunki wskaźników odpływu całkowitego ze zlewni cząstkowych: do Woźnik (W), do Stępek (S), do Żab (Ż); φ_g — stosunki wskaźników odpływu podziemnego ze zlewni cząstkowych: do Woźnik (W), do Stępek (S), do Żab (Ż)

Changes of coefficients φ in the period 1981—1984

1 — trend line of φ values for total run-off; 2 — trend line of φ values for underground run-off; 3 — insignificant trend; φ_c — relations of the depth of total run-off from partial drainage areas to: Woźniki (W), Stępki (S), Żaby (Ż); φ_g — relations of the depth of underground run-off from partial drainage areas to: Woźniki (W), Stępki (S), and Żaby (Ż)

zlewnię jako analogową, określono stosunki obu form odpływu z poszczególnych zlewni elementarnych do odpływu ze zlewni do Woźnik; uwzględniono wartości miesięczne. Konsekwentnie obliczono także stosunki odpływu ze zlewni po Żaby do odpływu ze zlewni po wodowskaz w Stępkach (ryc. 5). Miara ta, nazwana przez autorów współczynnikiem φ, choć zmienna sezonowo, powinna wykazywać względną stabilność. W przypadku wystąpienia tendencji malejącej tego współczynnika można wnioskować, że odpływ ze zlewni ograniczonej danymi wodowskazami maleje.

http://rcin.org.pl

Z obliczeń wynika, iż w zlewni Kręcicy przeciętna wartość φ jest większa od 1 tylko w przypadku stosunku H_S: H_W [1]. Zauważono, iż wielkość współczynnika maleje z przyrostem zlewni $\varphi_{S,W} > \varphi_{Ż,W} > \varphi_{Ż,S}$ [2].

Tabela 1

Miary chronologicznych szeregów współczynnika $\varphi = \frac{H_2}{H_1}$

Zlewnie	Forma odpływu	Średnia $\bar{\varphi}$	Odchylenie standardowe	Korelacja $r(t, \bar{\varphi})$	Test tk	Równanie $\varphi = at+b$	Błąd br
	φ_c	0,947	0,448	−0,72	6,00[a]	−0,031t+1,52	$5{,}0 \cdot 10^{-3}$
φ (Ż,W)	φ_g	0,780	0,304	−0,71	5,96[a]	−0,021t+1,16	$3{,}41 \cdot 10^{-3}$
	φ_c	0,810	0,266	−0,72	6,13[a]	−0,018t+1,16	$2{,}95 \cdot 10^{-3}$
φ (Ż,S)	φ_g	0,703	0,154	−0,67	5,34[a]	−0,010t+0,89	$1{,}82 \cdot 10^{-3}$
	φ_c	1,128	0,320	−0,26	1,56[b]	−0,008t+1,28	$4{,}93 \cdot 10^{-3}$
φ (S,W)	φ_g	1,090	0,310	−0,49	3,26[a]	−0,14t+1,36	$4{,}33 \cdot 10^{-3}$

a Korelacja istotna na poziomie 1%.
b Korelacja nieistotna.

Objaśnienia: H_1 — wskaźnik odpływu dla wodowskazu górnego; H_2 — wskaźnik odpływu dla wodowskazu dolnego; φ_c — dotyczy odpływu całkowitego; φ_g — dotyczy odpływu podziemnego

Podstawowe charakterystyki oraz równania tendencji współczynnika φ zawiera tabela 1. Zamieszczone w niej równania trendów i współczynniki korelacji są istotne na poziomie 1%. Istotną tendencję malejącą wartości φ stwierdzono w przypadku stosunków $H_Ż$: H_W i $H_Ż$: H_S. Stwierdzono natomiast brak istotnej tendencji w przypadku stosunku odpływu całkowitego H_S: H_W. Pewną dążność wykazuje tu jednak współczynnik φ odnoszący się do odpływu podziemnego. Wartości obliczonych funkcji testowych Studenta znajdują się na granicy istotności.

Powyższe fakty upoważniają do stwierdzenia, iż w dolnej części zlewni sukcesywnie maleje stosunek ilości wody odpływającej ze zlewni do ilości wody do niej dopływającej. Wynika stąd także, iż zwłaszcza w zlewni różnicowej Żaby-Stępki zachodzi ucieczka wody poza hydrologicznie czynną sferę zlewni. Istotne współczynniki korelacji i regresji wartości współczynnika φ, odnoszącego się do odpływów podziemnych H_S: H_W, wskazują, iż w zlewni różnicowej Stępki-Woźniki istotnie maleje zasilanie koryta wodami podziemnymi.

---

[1] H_W; H_S; $H_Ż$ — wskaźniki odpływu ze zlewni cząstkowych po wodowskazy w Woźnikach, Stępkach, Żabach.

[2] $\varphi_{S,W}$; $\varphi_{Ż,W}$; $\varphi_{Ż,S}$ — stosunki średnich miesięcznych odpływów rejestrowanych na wodowskazach Woźniki (W), Stępki (S), Żaby (Ż).

http://rcin.org.pl

Interesujący jest również, wynikający z określonych rownań trendów moment przejścia współczynnika φ przez wartość 1 (ryc. 5). W każdym przypadku moment ten, odnoszący się do odpływu podziemnego wyprzedza w czasie analogiczną wartość współczynnika odnoszącego się do odpływu całkowitego. Wynika z tego, iż zmiany w odpływie podziemnym wyprzedzają zmiany w odpływie powierzchniowym. Musi więc istnieć czynnik pozaprzyrodniczy powodujący intensywne ubożenie zasobów strefy saturacji. Opóźnienie czasu przejścia współczynnika φ przez wartość 1 w przypadku odpływu całkowitego świadczy o tym, iż w strefie aeracji długookresowe zmiany zasobów zachodzą znacznie wolniej. Jest to zrozumiałe, gdyż uwilgotnienie tej strefy jest ściśle związane z zasilaniem atmosferycznym. Opady zaś nie wykazywały, mimo pewnych anomalii, istotnych tendencji malejących (Jokiel, Maksymiuk, Zawadzka 1985). Strefa saturacji natomiast jest sukcesywnie opróżniana przez drenaż wymuszony odwodnieniem kopalni.

Reasumując należy stwierdzić, że zmniejszanie się odpływu odbywa się przede wszystkim kosztem odpływu całkowitego z dolnej części zlewni i podziemnego z części środkowej.

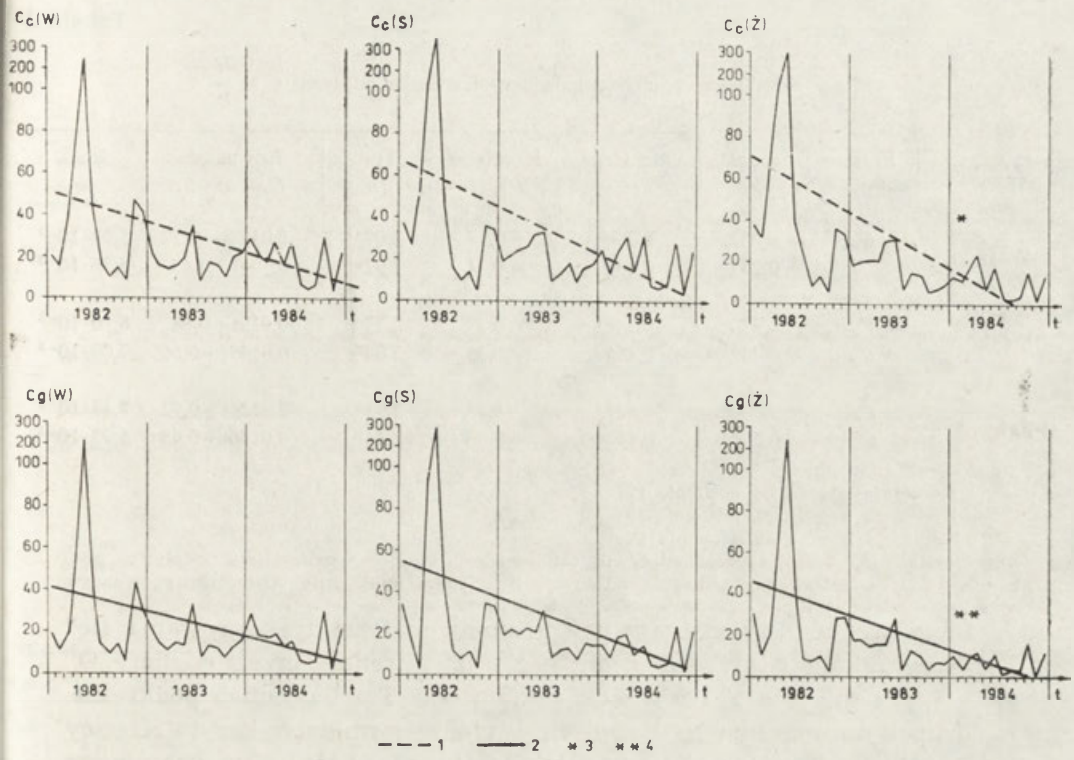
TENDENCJE ZMIAN WSPÓŁCZYNNIKA ODPŁYWU

Jedną z podstawowych miar stosowanych w hydrologii jest współczynnik odpływu. Wskazuje on na udział danej formy odpływu w stosunku do wielkości zasilania opadowego. Miara ta charakteryzuje się cyklicznością sezonową, natomiast jej cechą charakterystyczną jest względna stabilność długookresowa.

Obliczone współczynniki odpływu całkowitego (C_c) i podziemnego (C_g) zilustrowano graficznie (ryc. 6). Opad w poszczególnych zlewniach określono metodą wielokątów równego zadeszczenia. Do tego celu wyzyskano wartości opadów skorygowanych z 8 posterunków opadowych (ryc. 1).

Podobnie jak w wypadku współczynnika φ podjęto próbę ustalenia ewentualnych tendencji odpływu w 3 zlewniach cząstkowych: do Woźnik, do Stępek i do Żab. Istotna malejąca tendencja współczynników odpływu całkowitego i podziemnego charakteryzuje całą zlewnię Kręcicy po wodowskaz w Żabach. W zlewniach do Stępek i do Woźnik tendencja nie jest istotna. Można zatem wysunąć wniosek, iż duże zmiany współczynnika odpływu podziemnego i całkowitego zaszły w zlewni różnicowej Żaby-Stępki. Wyznaczone równania tendencji stanowią jedynie szacunek i wskazują na sam fakt jej istnienia, nie zaś na jej siłę. Tezę o zmniejszaniu się współczynnika odpływu znaleźć można również w pracy G. Wachowiaka (1986b). Określony przez autora współczynnik odpływu ze zlewni Widawki po wodowskaz w Ruszczynie w okresie 1982-1984 malał, osiągając wartości 0,34 w 1982 r., 0,28 w 1983 r. i 0,18 w 1984 r. Nieco niższy współczynnik odpływu ze zlewni Widawki w 1984 r. w sto-

http://rcin.org.pl



Ryc. 6. Zmienność współczynników odpływu całkowitego C_c i podziemnego C_g

1 — tendencja współczynników odpływu całkowitego; 2 — tendencja współczynników odpływu podziemnego; 3 — równanie trendu istotne na poziomie 1%; 4 — równanie trendu istotne na poziomie 2%, pozostałe równania trendów nieistotne na poziomie 5%; W — zlewnia do Woźnik; S — zlewnia do Stępek; Ż — zlewnia do Żab

Variation of coefficients of total run-off C_c and underground run-off C_g

1 — trends of total run-off coefficients; 2 — trends of underground run-off coefficients; 3 — equation of trend significant at the level of 1 per cent; 4 — equation of trend significant at the level of 2 per cent; the remaining equations of trends insignificant at the level of 5 per cent; W — drainage area up to Woźniki; S — drainage area up to Stępki; Ż — drainage area up to Żaby

sunku do określonego dla Kręcicy (0,3) wynika bezpośrednio z większego udziału powierzchni leja depresyjnego w powierzchni całkowitej zlewni Widawki w stosunku do zlewni Kręcicy. Powyższe wnioski upoważniają do stwierdzenia, iż wzrost udziału powierzchni leja depresyjnego w powierzchni zlewni powoduje znaczny spadek współczynnika odpływu.

We wszystkich równaniach tendencji (tab. 2) współczynnik regresji zachowuje znak ujemny. Można stąd wyprowadzić wniosek, iż okresowe zmiany opadów spowodowały pewien spadek wartości współczynnika odpływu w całej zlewni, ale w jej części dolnej na tę tendencję, przecież nieistotną, nałożyły się istotne zmiany wynikające z oddziaływania leja depresyjnego KWB „Bełchatów".

http://rcin.org.pl

Tabela 2

Miary chronologicznych szeregów współczynnika odpływu $C = \frac{H}{P}$

Zlewnie	Forma odpływu	Średnia $\overline{C}$	Odchylenie $\sigma(C)$	Korelacja $r(t, C)$	Test tk	Równanie $C = at + b$	Błąd br
Woźniki	C_c	0,282	0,396	−0,34	2,09[c]	−0,0129t+0,52	$5{,}97 \cdot 10^{-3}$
	C_g	0,237	0,352	−0,31	1,92[a]	−0,106t+0,43	$5{,}36 \cdot 10^{-3}$
Stępki	C_c	0,330	0,543	−0,37	2,29[c]	−0,019t+0,68	$8{,}10 \cdot 10^{-3}$
	C_g	0,282	0,468	−0,33	2,04[c]	−0,0149t+0,56	$7{,}09 \cdot 10^{-3}$
Żaby	C_c	0,300	0,522	−0,45	2,93[a]	−0,0226t+0,72	$7{,}49 \cdot 10^{-3}$
	C_g	0,209	0,399	−0,38	2,46[b]	−0,0146t+0,48	$5{,}93 \cdot 10^{-3}$

a Korelacja istotna na poziomie 1%.
b Korelacja istotna na poziomie 2%.
c Korelacja istotna na poziomie 5%.
Objaśnienia: C_c współczynnik odpływu całkowitego; C_g — współczynnik odpływu podziemnego; H — miesięczny wskaźnik odpływu; P — suma miesięczna opadu skorygowanego.

Linie trendów wyznaczają pewne umowne terminy, „zerowania się" współczynników odpływu, tj. przejścia linii trendu przez rzędną „O" (ryc. 6). Terminy te są oczywiście przybliżone. Trzeba jednak podkreślić, iż od lipca do września 1984 r., czyli w tychże terminach, koryto Kręcicy w rejonie wodowskazu Żaby wielokrotnie wysychało, a co istotniejsze zjawisko to wystąpiło po raz pierwszy od 1976 r., tj. od momentu rozpoczęcia stałych obserwacji wodowskazowych. Nie oznacza to, że termin „zerowania się" współczynnika odpływu wskazuje na moment trwałego wyschnięcia koryta Kręcicy. Z obserwacji wynika jednak, iż zwłaszcza w okresie letnim coraz częściej dochodzi do całkowitego zaniku przepływu w Kręcicy. Zagadnienie to sygnalizowano w odniesieniu do zlewni sąsiednich, pozostających również w zasięgu oddziaływania leja depresyjnego (Jeż 1983).

W celu uchwycenia zmian współczynników odpływu w poszczególnych zlewniach elementarnych, zastosowano współczynnik α (ryc. 7). Wyraża on stosunek współczynnika odpływu całkowitego (podziemnego) obliczonego dla wodowskazu dolnego do współczynnika odpływu całkowitego (podziemnego) ustalonego dla wodowskazu górnego:

$$\alpha = \frac{C_2}{C_1},$$

gdzie: C_2 — współczynnik odpływu na wodowskazie dolnym, C_1 — współczynnik odpływu na wodowskazie górnym. Wprowadzona miara dotyczy zarówno odpływu całkowitego (α_c), jak i podziemnego (α_g), (tab. 3).

Współczynnik α w warunkach niezakłóconych antropopresją winien charakteryzować się względną stabilnością wieloletnią. W przypadku za-

http://rcin.org.pl

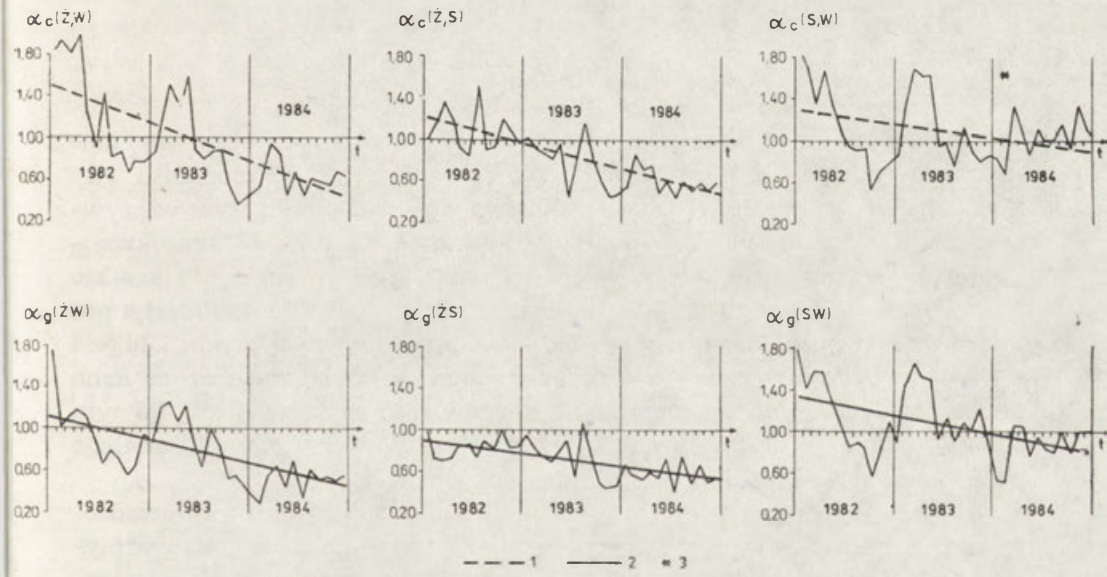
Tabela 3

Miary chronologicznych szeregów współczynnika $\alpha = \frac{C_2}{C_1}$

Zlewnie	Forma odpływu	Średnia $\bar{\alpha}$	Odchylenie $\sigma(\alpha)$	Korelacja $r(t, \alpha)$	Test tk	Równanie $\alpha = at+b$	Błąd br
α (Ż,W)	α_c	0,933	0,455	−0,72	6,06[a]	−0,032t+1,52	$5{,}06 \cdot 10^{-3}$
	α_g	0,767	0,316	−0,69	5,53[a]	−0,021t+1,15	$3{,}68 \cdot 10^{-3}$
α (S,W)	α_c	1,105	0,324	−0,29	1,83[b]	−0,009t +1,28	$4{,}96 \cdot 10^{-3}$
	α_g	1,067	0,318	−0,47	3,14[a]	−0,0145t+1,34	$4{,}5 \cdot 10^{-3}$
α (Ż,S)	α_c	0,815	0,273	−0,78	7,32[a]	−0,0206t+1,2	$2{,}73 \cdot 10^{-3}$
	α_g	0,713	0,170	−0,63	4,69[a]	−0,0103t+0,9	$2{,}13 \cdot 10^{-3}$

a Korelacja istotna na poziomie 1%.
b Korelacja nieistotna na poziomie 5%.

Objaśnienia: C_1 — współczynnik odpływu na wodowskazie górnym; C_2 — współczynnik odpływu na wodowskazie dolnym; L_c — stosunek współczynników odpływu całkowitego; L_g — stosunek współczynników odpływu podziemnego



Ryc. 7. Zmiany stosunków współczynników odpływu dla analizowanych par zlewni cząstkowych

1 — linia tendencji współczynników α odnoszących się do odpływów całkowitych (α_c); 2 — linia tendencji współczynników α odnoszących się do odpływu podziemnego (α_g); 3 — równanie tendencji nieistotne na poziomie 5%

Changes of relations of run-off coefficients for analysed pairs of partial drainage areas

1 — trend line of coefficients α concerning total run-off (α_c); 2 — trend line of coefficients α concerning underground run-off (α_g); 3 — equation of trend insignificant at the level of 5 per cent

http://rcin.org.pl

chwiania stosunków wodnych w jednej ze zlewni różnicowych wartość współczynnika winna charakteryzować się tendencją malejącą lub rosnącą.

Z tabeli 3 wynika, że współczynnik α odnoszący się do odpływu całkowitego nie wykazuje żadnej tendencji w przypadku stosunku współczynników odpływu określonych dla wodowskazów Stępki i Woźniki. W pozostałych wypadkach wartość współczynnika α wykazuje istotną tendencję malejącą. Z uwagi na fakt, iż istotność tendencji jest zdecydowanie wyższa w wypadku stosunków współczynników odpływu ze zlewni po Żaby i zlewni po Stępki od współczynników α uzyskanych dla pozostałych zlewni, można sądzić, iż w dolnej części zlewni Kręcicy nastąpiło wyraźne zmniejszenie współczynnika odpływu całkowitego. Współczynnik odpływu podziemnego zmniejsza się znacząco w dolnej części zlewni, w mniejszym natomiast, choć istotnym stopniu, maleje również w części środkowej. Potwierdza to wcześniej wysuniętą tezę, iż odpływ powierzchniowy i współczynnik odpływu powierzchniowego zmniejszają się w dolnej części zlewni, natomiast odpływ podziemny i współczynnik odpływu podziemnego wykazują tendencję malejącą w części dolnej oraz środkowej.

WNIOSKI

Wykorzystana w niniejszym opracowaniu seria danych obserwacyjno-pomiarowych jest krótka. Niewiele też czasu upłynęło od momentu, gdy hydrologów zaczęły interesować problemy wpływu kopalnictwa odkrywkowego na szeroko pojęte zmiany stosunków wodnych. W konsekwencji serie obserwacyjne w obszarach inwestycyjnych są z reguły krótkie i niepełne. Sieć obserwacyjna ma charakter specjalny, a materiały pomiarowe zazwyczaj nie obejmują okresów przedinwestycyjnych. Długość serii obserwacyjnej często bywa ograniczona do czasu, w którym dana inwestycja jest „modna" i budzi zainteresowanie społeczeństwa. Po tym okresie pomiary są najczęściej przerywane. W konsekwencji analizie poddaje się serie krótkie i często niejednorodne.

Przedstawiony powyżej materiał upoważnia jednak do wyprowadzenia kilku wniosków, wskazujących na charakter i kierunek zmian odpływu, zachodzących w wyniku oddziaływania lejów depresyjnych wywołanych odwadnianiem kopalń odkrywkowych.

— Stwierdzono zanik powierzchniowej sieci rzecznej i zmniejszenie zasięgu podmokłości. W konsekwencji tego zjawiska doszło do stopniowego zmniejszenia się i zaniku odpływu powierzchniowego. Dolna część zlewni znajdująca się bezpośrednio w zasięgu leja depresyjnego stała się bezodpływowa powierzchniowo.

— Obniżenie zwierciadła wody podziemnej doprowadziło do zaniku jego związku z korytami rzek. Doprowadziło to do zmniejszenia się od-

http://rcin.org.pl

pływu podziemnego, a w dolnej części zlewni do całkowitej bezodpływowości potamicznej (brak odpływu powierzchniowego i podziemnego).

— W efekcie wykazanych zmian, koryta rzek w strefie skażonej antropopresją przestają pełnić rolę drenującą w stosunku do spływu powierzchniowego i odpływu podziemnego, stopniowo natomiast zaczyna się zaznaczać ich rola irygacyjna (ucieczka wód allochtonicznych z koryt).

— Na obszarach objętych zasięgiem leja depresyjnego maleje odpływ, a stopień recesji jest proporcjonalny do udziału powierzchni leja depresyjnego w całkowitej powierzchni zlewni.

— Lej depresyjny powoduje zmniejszenie wartości współczynników odpływu całkowitego i podziemnego.

— Określone metodą tendencji terminy „zerowania się" odpływu i współczynników odpływu, znajdują potwierdzenie w obserwacjach terenowych. Symptomatyczne jest, że terminy te odniesione do odpływu podziemnego wyprzedzają w czasie miary dotyczące odpływu całkowitego. Wynika to z tego, iż zmiany odpływu spowodowane są sztucznym drenowaniem poziomów wodonośnych, związanym z procesem odwadniania kopalni. Odpływ powierzchniowy natomiast jest mocniej związany z zasilaniem atmosferycznym mającym charakter losowy. W efekcie zmiany w odpływie podziemnym wyprzedzają w czasie istotne zmiany w odpływie powierzchniowym.

LITERATURA

Burchard J., Jokiel P., 1984, *Warunki infiltracji wód opadowych w małej zlewni na obszarze Bełchatowskiego Okręgu Przemysłowego*, Studia Reg., 7—8.

Jankowski A. T., 1986, *Antropologiczne zmiany stosunków wodnych na obszarze uprzemysławianym i urbanizowanym (na przykładzie Rybnickiego Okręgu Węglowego)*, Prace UŚ., Ser. Geografia, 868.

Jeż G., 1983, *Zmiany odpływu rzek regionu bełchatowskiego w latach 1976—1981* (m-pis w Zakładzie Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ).

Jokiel P., Maksymiuk Z., 1986a, *Oddziaływanie Zespołu Górniczo-Energetycznego „Bełchatów" na stosunki wodne regionu*, Materiały II Zjazdu Geografów Polskich, Łódź 11—13 września 1986, Przewodnik Wycieczek.

— 1986b, *Trendy odpływu i stanów wód podziemnych w zlewni Krętnicy*, Materiały II Zjazdu Geografów Polskich, Łódź 11—13 września 1986, Streszczenie Referatów.

Jokiel P., Maksymiuk Z., Zawadzka A., 1985, *Obieg wody w małej zlewni regionu bełchatowskiego na przykładzie dorzecza Kręcicy* (m-pis w Zakładzie Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ).

Jokiel P., Wibig J., 1987, *Zastosowanie modelu trendu powierzchniowego do badania przestrzennego rozkładu grubości warstwy aeracji*, Acta U.L., Folia Geogr., 9.

Maksymiuk Z., 1985, *Sieć hydrograficzna przed rozpoczęciem oraz we wstępnej fazie realizacji inwestycji bełchatowskiej. Zmiany w środowisku przyszłego Bełchatowskiego Okręgu Przemysłowego*, PWN, Warszawa—Łódź.

http://rcin.org.pl

Mikulski Z., 1979, *Geografia fizyczna a hydrologia*, Przegl. Geogr., 51, 4.
Naef F., 1982, *Czy potrafimy dziś modelować proces opad—odpływ? Can we model the rainfall-runoff process today?*, Przegl. Geofiz., 27, 1—2.
Stachy J., 1970, *Wieloletnia zmienność odpływu rzek polskich*, Prace PIHM, 100.
Wachowiak G., 1986a, *Wpływ leja depresyjnego kopalni „Bełchatów" na charakterystyki hydrologiczne Widawki górnej.*
— 1986b, *Zespół Górniczo-Energetyczny „Bełchatów" a odpływ rzeczny. Hydrologia regionalna i procesy hydrologiczne w zlewniach*, Materiały Konferencji Hydrograficznej, Poznań 15—17 września 1986 r.

THE IMPACT OF THE "BEŁCHATÓW" OPEN PIT ON RUN-OFF CHANGES

Summary

The opencast mining of lignite in the "Bełchatów" open pit brings about intensive changes of the natural environment. The most serious changes connected with deposit drainage refer to broadly understood water relationships. The analysed observation series comes from a proof ground of the Institute of Hydrology and Water Management of Łódź University — the Kręcica river drainage area (62 km²).

Significant decreasing trends were recorded in the total and underground run-off and corresponding run-off coefficients. These trends are spatially differentiated and strictly determined by the developing cone of depression of the pit. Dates of run-off disappearance in some parts of the investigated drainage area established from trend equations correspond to the recorded dates of streams drying up. It was proved that areas within the cone of depression were becoming potamically without run-off as the cone developed: because of the lowering of underground water table the hydraulic connection between water-bearing horizons and stream channels disappears. Surface run-off also disappears as a result of, e.g., the drying up of the aeration layer.

These results make it possible to cautiously forecast the strength and direction of run-off changes in areas of a similar origin of anthropopressure.

Translated by A. Dylewska

ВЛИЯНИЕ КАМЕННОУГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА „БЕЛХАТУВ" НА ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА

Резюме

Эксплуатация бурового угля открытым способом в разрезе „Белхатув" вызывает интенсивные преобразования географической среды. Крупнейшие изменения, связанные с обезвоживанием залежей, затрагивают широко понимаемый водный режим. Анализировавшаяся серия происходила из подопытного участка Института гидрологии и водного хозяйства Лодзинского университета — из водозабора р. Кренчица (62 км²).

Было констатовано наличие существенных тенденций к уменьшению стока в целом и подземного стока, а также конгруэнтных коэффициентов стока. Тенденции эти пространственно дифференцированы и тесно определены развивающейся депрессионной воронкой разреза. Выведенные из уравнений тенденций термины иссякания стока некоторых частей исследуемого водозабора, совпадают с установленными на месте терминами иссечения водотоков. Было доказано, что территории, находящиеся в радиусе действия депрессионной воронки, по мере её роста, становятся бессточными: в результате понижения зеркала подзем-

http://rcin.org.pl

ной воды исчезает гидравлическая связь между водоносными уровнями и руслами водотоков. Одновременно в результате, в частности, пересушки слоя аэрации исчезает поверхностный сток.

Представленные результаты позволяют, с некоторой долей осторожности, прогнозировать силу и направление изменений стока на территориях подобного происхождения антропопрессии.

Перевела Э. Яворска

http://rcin.org.pl

WYDAWNICTWA IGiPZ PAN
VARIA

Bibliografia geografii polskiej 1982, 1986, s. 409, zł 600,–

Streszczenie prac habilitacyjnych i doktorskich 1984, 1985, 1986, s. 111, zł 250,–

CENTRALNY KATALOG ZBIORÓW KARTOGRAFICZNYCH W POLSCE

Zeszyt 5. **Wieloarkuszowe mapy topograficzne Polski 1576-1870,** 1984, cz. 1, s. 109, cz. 2 tab. 220, zł 3500,–

Katalog dawnych map Rzeczypospolitej Polskiej w kolekcji Emeryka Hutten-Czapskiego i w innych zbiorach. Oprac. W. Kret, 1978, s. 164, 37 map, zł 140,–

ERRATA

Str.	Wiersz	Jest	Powinno być
18	14 d.	in Żółków	w Żółkowie
27	2 d.	in kilometers	in kilometres
30	12 d.	opadu P)	opadu (P)
40	1 d.	Wieprz Riwer	Wieprz River
67	6 d.	3 — zlewnia qua i-naturalna	A — zlewnia quasi-naturalna
91	Tabela 3 (objaśnienia)	L_c — stosunek współczynników	α_c — stosunek współczynników
		L_g — stosunek współczynników	α_g — stosunek współczynników

Antropogeniczne uwarunkowania

http://rcin.org.pl

Cena zł 100,–

WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ
za ostatnie lata

1986

1 K. OSTASZEWSKA – **Zastosowania modeli matematycznych do przewidywania zmian rozmieszczenia ludności Polski**, s. 74, zł 80,–
2 Z. MIKULSKI (red.) – **Niektóre problemy metodologiczne hydrologii**, s. 73, zł 80,–
3 T. KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA (red.) – **Wyniki badań bioklimatu Polski**, Cz. I, s. 92, zł 80,–
4 M. ROŚCISZEWSKI, Z. SIEMEK (red.) – **Współczesne problemy światowych procesów rozwoju**, s. 96, zł 80,–
5 J. SZUPRYCZYŃSKI (red.) – **Zbiornik Włocławski – niektóre problemy geografii fizycznej**, s. 107, zł 80,–
6 A. JELONEK – **Ruch naturalny ludności w Polsce w latach 1948-1984**, s. 72, zł 80,–

1987

1 A. WERWICKI – **Geografia usług makroregionu funkcjonalnego Warszawy**, s. 93, zł 90,–
2 K. PUCHALSKI – **Atrakcyjność społeczno-gospodarcza jako czynnik rozwoju miasta (na przykładzie miast regionu Warszawy)**, s. 92, zł 90,–
3 A. BREYMEYER (red.) – **Lasy iglaste na obszarze Polski**, s. 111, zł 90,–
4 S. ŻUREK – **Złoża torfowe Polski na tle stref torfowych Europy**, s. 85, zł 90,–
5 M. KUPISZEWSKI – **Pomiar migracji w prognozowaniu i modelowaniu zmian rozmieszczenia i struktury ludności**, s. 78, zł 90,–
6 J. DĘBSKI – **Założenia i realizacja planu przestrzennego zagospodarowania Polski w latach 1971-1985**, s. 92, zł 90,–

1988

1 H. LIBURA – **Badania wyobrażeń geograficznych na przykładzie mieszkańców Sanoka**, s. 90, zł 100,–
2-3 J. KOSTROWICKI (red.) – **Wybrane zagadnienia z geografii rolnictwa**, s. 103, zł 100,–
4 I. DYNOWSKA (red.) – **Antropogeniczne uwarunkowania zmian odpływu i reżimu rzek w różnych regionach Polski**, s. 95, zł 100,–
5-6 L. KASPRZAK – **Dyferencjacja mechanizmów formowania stref marginalnych faz leszczyńskiej i poznańskiej ostatniego zlodowacenia na Nizinie Wielkopolskiej** (w druku)

http://rcin.org.pl