

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

PRACE GEOGRAFICZNE NR 186

Roman Soja

**HYDROLOGICZNE ASPEKTY
ANTROPOPRESJI
W POLSKICH KARPATACH**



WARSZAWA 2002

PRACE GEOGRAFICZNE IGiPZ PAN

166. Plit J., *Antropogeniczne i naturalne przeobrażenia krajobrazów roślinnych Mazowsza (od schyłku XVIII w. do 1990 r.)*, 1996, s. 135, 45 il.
167. Grzeszczak J., *Tendencje kontrurbanizacyjne w Europie Zachodniej*, 1996, s. 82, 5 il.
168. Bański J., *Przemiany rolniczego użytkowania ziemi w Polsce w latach 1975–1988*, 1997, s. 105, 45 il.
169. Gałązka A., *Sytuacja mieszkaniowa ludności aglomeracji warszawskiej w latach 1970–1988. Zróżnicowania przestrzenne i tendencje zmian*, 1998, s. 154, 26 il.
170. Rykiel Z., *Przemiany struktury społeczno-przestrzennej miast polskich a świadomość terytorialna jego mieszkańców*, 1999, s. 148, 15 il.
171. Taylor Z., *Przestrzenna dostępność miejsc zatrudnienia, kształcenia i usług a codzienna ruchliwość ludności wiejskiej*, 1999, s. 239, 71 il.
172. Bański J., *Obszary problemowe w rolnictwie Polski*, 1999, s. 128, 36 il.
173. Grzeszczak J., *Bieguny wzrostu a formy przestrzeni spolaryzowanej*, 1999, s. 91, 3 il.
174. Kotarba A., Kozłowska A. (red.), *Badania geoekologiczne w otoczeniu Kasprowego Wierchu*, 1999, s. 132, 32 il., 3 fot., 4 mapy.
175. Taylor Z., *Przekształcenia sieci handlu detalicznego i gastronomii w okresie transformacji społeczno-gospodarczej Polski*, 2000, s. 61, 16 il., 8 fot.
176. Gierszewski P., *Charakterystyka środowiska hydrochemicznego wód powierzchniowych zachodniej części Kotliny Płockiej*, 2000, s. 136, 47 il., 8 fot.
177. Komornicki T., *Potoki towarowe polskiego handlu zagranicznego a międzynarodowe powiązania transportu*, 2000, s. 102, 36 il., 21 tab.
178. Roo-Zielińska E., Solon J. (red.), *Typologia zbiorowisk i kartografia roślinności w Polsce – rozważania nad stanem współczesnym*, 2001, s. 273, 46 il., 32 tab., 6 fot., 2 zał.
179. Roo-Zielińska E., Solon J. (red.), *Między geografią i biologią – badania nad przemianami środowiska przyrodniczego*, 2001, s. 330, 88 il., 31 tab., 20 fot.
180. Krawczyk B., Węclawowicz G. (red.), *Badania środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej*, 2001, s. 147, 42 il., 20 tab.
181. Kupiszewski M., *Modelowanie dynamiki przemian ludności w warunkach wzrostu znaczenia migracji międzynarodowej*, 2002, 174 s., 9 il., 18 tab.
182. Degórski M., *Przestrzenna zmienność właściwości gleb bielicoziemnych środkowej i północnej Europy a geograficzne zróżnicowanie czynników pedogenicznych*, 2002, s. 189, 44 il., 31 tab.
183. Lankauf K.R., *Recesja lodowców rejonu Kaffiøyry (Ziemia Oskara II – Spitsbergen)*, 2002, s. 222, 54 ilc., 33 fot., 37 tab., 17 zał.
184. Węclawowicz G. (red.), *Warszawa jako przedmiot badań w geografii społeczno-ekonomicznej*, 2002, s. 278, 31 il., 33 tab.
185. Solon J., *Ocena różnorodności krajobrazu na podstawie kompleksowej analizy struktury przestrzennej roślinności*, 2002, s. 230, 80 il., 26 tab.

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

PRACE GEOGRAFICZNE NR 186

GEOGRAPHICAL STUDIES

No. 186

HYDROLOGICAL ASPECTS OF ANTHROPOPRESSION
IN THE POLISH CARPATHIANS

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

PRACE GEOGRAFICZNE NR 186

Roman Soja

**HYDROLOGICZNE ASPEKTY
ANTROPOPRESJI
W POLSKICH KARPATACH**



WARSZAWA 2002

<http://rcin.org.pl>

KOMITET REDAKCYJNY

REDAKTOR: Grzegorz Węclawowicz
CZŁONKOWIE: Jerzy Grzeszczak, Barbara Krawczyk,
Jan Marek Matuszkiewicz, Jerzy Parysek

RADA REDAKCYJNA

Bolesław Domański, Adam Kotarba, Jan Łoboda,
Andrzej Richling, Jan S. Kowalski, Andrzej Lisowski,
Emmon Judge, Lydia Coudroy

RECENZENCI TOMU:

Wojciech Froehlich, Krzysztof H. Wojciechowski

Opracowanie redakcyjne i techniczne: Ewa Jankowska

© Copyright by Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
im. Stanisława Leszczyckiego PAN, Warszawa 2002

PL ISSN 0373-6547
ISBN 83-87954-26-8

Łamanie wykonano w Dziale Wydawnictw IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
Druk: Warszawska Drukarnia Naukowa PAN, ul. Śniadeckich 8, 00-656 Warszawa

<http://rcin.org.pl>

Spis treści

I. Wstęp	7
1.1. Cel pracy, metody, materiały	8
1.2. Antropogeniczne przekształcenia środowiska polskich Karpat	10
1.3. Klimatyczne uwarunkowania przestrzennego zróżnicowania obiegu wody w Karpatach	11
1.4. Antropopresja a obieg wody w Karpatach	15
2. Historia i stan badań nad wpływem antropopresji na obieg wody	19
3. Antropogeniczna składowa obiegu wody – próba definicji	23
4. Regionalne zróżnicowanie antropopresji w Karpatach	25
4.1. Podział Karpat	30
5. Struktura użytkowania ziemi i wskaźnik antropopresji	35
5.1. Karpaty na tle Polski	35
5.2. Gęstość zaludnienia	39
5.3. Użytki rolne	42
5.4. Grunty orne	45
5.5. Użytki zielone	48
5.6. Lasy	51
5.7. Użytki różne	54
5.8. Obszary zmeliorowane i znaczenie melioracji w przekształceniu obiegu wody w Karpatach	54
5.9. Wskaźnik antropopresji	65
6. Drogi jako element antropogenicznego przekształcenia środowiska	71
6.1. Rola dróg w obiegu wody	72
6.2. Dokładność oszacowań gęstości dróg	74
6.3. Próba oceny gęstości dróg w XIV–XV wieku	76
6.4. Gęstość dróg w zlewni Wisłoki	76
6.5. Gęstość dróg a gęstość sieci rzecznej	78
7. Cykliczność zjawisk hydrometeorologicznych a wpływ człowieka na obieg wody	79
7.1. Przyczyny cykliczności	80
7.2. Zagadnienia metodyczne i przyrodniczy sens cykliczności	81
7.3. Cykliczność odpływu rzek karpaccich	83
8. Wskaźnik koncentracji odpływu	85
8.1. Wskaźnik koncentracji przepływów średnich miesięcznych w rzekach karpaccich	88
8.2. Wskaźnik koncentracji w latach 1951–1995 w rzekach karpaccich	91
9. Zmiany odpływu w wieloleciu	99
9.1. Analiza stanów wody	100
9.2. Analiza odpływu	104
9.3. Tendencje zmian odpływu	105
9.4. Przepływy maksymalne	108
9.5. Przepływy średnie	108
9.6. Przepływy minimalne	109
10. Podsumowanie	111
Literatura	115
Hydrological aspects of anthropopression in the Polish Carpathians (Summary)	128

1. WSTĘP

Woda w przyrodzie stanowi jedną z podstawowych składowych, nierozdzielnie związanych z życiem. Była ona od zawsze przedmiotem szczególnego zainteresowania, zarówno w kulturach pierwotnych, zaawansowanych technicznie cywilizacjach, jak i w dzisiejszych społecznościach postindustrialnych. Na początku naszej cywilizacji była przedmiotem czci, na przełomie XIX i XX wieku przyjmowano ją jak dobro powszechne o nieograniczonych zasobach, a dzisiaj znowu zaczynamy wierzyć, że szemrzące źródółko ma wielką moc. Po serii dramatycznych doświadczeń wczesnych cywilizacji Bliskiego Wschodu, basenu Morza Śródziemnego, afrykańskiego Sahelu, przy niedoborach wody występujących na prawie 2/3 powierzchni lądów na kuli ziemskiej pod koniec XX wieku, wiemy, że pomyślna przyszłość zależy od ograniczenia destrukcyjnej działalności człowieka. Wiemy o tym, choć nie znaczy to, że postępujemy zgodnie z naszą wiedzą. Dopiero w ostatnich latach nastąpił szybki rozwój technik oszczędnego i wielokrotnego wykorzystania wody. Wcześniej, pozorna jej obfitość nie wymuszała kosztownych działań technicznych, a pośrednio rzutowała na brak zainteresowania nauki zagadnieniami wodnymi.

Badania przemian stosunków wodnych nie wyodrębniły się jako samodzielna dziedzina. Stanowiły one przedmiot zainteresowań geografów, hydrologów, weszły w skład zoologii, inżynierii środowiskowej, geochemii środowiskowej, są stale obecne w mediach, zajmują się nimi dyscypliny naukowe bardzo odległe od badań środowiskowych. Przez dziesięciolecia hydrologia była zdominowana inżynierskim podejściem związanym z jej ściśle użytkową rolą. Przedmiotem badań był najczęściej odpływ i jego składowe w bilansowym ujęciu. Zakorzeniły się i funkcjonują do dzisiaj pojęcia typu „straty bilansowe”, pod którymi kryje się udział biosfery i parowania w obiegu wody, czyli elementy równania bilansowego decydujące o funkcjonowaniu całej biotycznej części środowiska. Marginalizowanie biotycznej części obiegu wody wynikało ze złożoności procesów, niedostępnych dla prostych technik pomiarowych. Rozwój badań środowiskowych w ostatnich latach i powstanie takich dziedzin, jak makrohydrologia, ekohydrologia, hydroekologia (Zalewski i in. 1997b; Gutry-Korycka 1996), o nie do końca zdefiniowanych polach badawczych, świadczą o zmieniającym się podejściu do badań stosunków wodnych z technicznego na przyrodnicze. Łączenie technicznego i przy-

rodniczego kierunku już się rozpoczęło, czego wyrazem są liczne prace i projekty renaturyzacji cieków, torfowisk i jezior (Zalewski i in. 1997a; Kupczyk i in. 1998; Radwan, Kornijów 1999).

Przemiany stosunków wodnych są przedmiotem badań interdyscyplinarnych. Decyduje o tym rosnące znaczenie wody. Jest jej tyle samo co 1000 czy 10 000 lat temu, choć liczba użytkowników rośnie i jest ich już ponad 6 miliardów. Nawet dziedziny pozornie tak odległe od zagadnień wodnych, jak komunikacja społeczna, znajdują swoje miejsce w przystosowaniu społeczności lokalnych do poprawnego użytkowania i ochrony ograniczonych zasobów wodnych, minimalizowania strat. Interdyscyplinarność wyraża się także lawinowym wzrostem liczby prac rozsianych po różnych periodykach. Terminy „hydrologia człowieka”, „antropohydrologia”, jako swego rodzaju skrótów myślowe oraz inne nazwy możliwe do zaakceptowania przez środowisko naukowe, już w niedalekiej perspektywie zaczną funkcjonować jako pełnoprawne dziedziny badań.

Praca niniejsza powstawała w czasie, kiedy gwałtownie zmieniało się podejście do zagadnień środowiskowych. Nie mamy wystarczającego zasobu danych do pełniejszych charakterystyk oddziaływania człowieka na obieg wody w skali globalnej, ale już próbujemy ustosunkować się do przewidywanych zmian, tworząc różne scenariusze przyszłych zdarzeń (Kundzewicz 1985). W skali regionalnej, w dalszym ciągu dysponujemy tylko danymi dotyczącymi opadów i odpływu, natomiast parowanie, transpiracja i retencja obliczane są metodami pośrednimi. Najwięcej wiemy o obiegu wody w małych zlewniach, chociaż zasób wiedzy w tej dziedzinie jest więcej niż skromny. Praca ta jest próbą podsumowania stanu rozpoznania wpływu człowieka na obieg wody w Karpatach, stanu, który jutro będzie już daleko lepszy.

1.1. CEL PRACY, METODY, MATERIAŁY

Głównym celem pracy jest ocena wpływów antropogenicznych w obiegu wody w polskiej części Karpat. Skoncentrowano się na elementach trudnych do jednoznacznego określenia, takich jak zmiany: odpływu wywołane użytkowaniem ziemi, wezbraniowości rzek karpaccich, odpływu w rocznym cyklu hydrologicznym. Pominięto elementy dobrze rozpoznane i opracowane, będące przedmiotem monitoringu, takie jak zmiany składu chemicznego wody, oddziaływanie zbiorników retencyjnych oraz pobór wody dla zaopatrzenia ludności i przemysłu. Drugim równorzędnym celem jest określenie roli człowieka w przekształcaniu obiegu wody w regionach fizycznogeograficznych i zlewniach karpaccich, w ujęciu statycznym, poprzez wykazanie stopnia

antropopresji. Wskaźnik antropopresji opracowany na podstawie struktury użytkowania ziemi, gęstości zaludnienia, udziału powierzchni zmeliorowanych, powinien dać odpowiedź, gdzie w Karpatach występują największe potencjalne zagrożenia dla obiegu wody.

Poszukiwano odpowiedzi na następujące pytania:

- jakie były tendencje w odpływie rzek karpackich, w latach 1951–1995?
- czy zmianie uległa wezbraniowość rzek karpackich?
- czy w przebiegu wieloletnim występowała zmiana koncentracji odpływu w rocznym cyklu hydrologicznym?
- które regiony fizycznogeograficzne i zlewnie mają najbardziej przekształcone środowisko wywołujące zmiany w obiegu wody?

W pracy zastosowano standardowe metody opracowań materiałów hydrologicznych. Wielokrotnie wykorzystywano metodę regresji, traktując ją jako najważniejszą w równaniu, dodatnią lub ujemną wartość współczynnika, a nie jako jego konkretną, liczbową wielkość. W badaniu sezonowych zmian rocznego cyklu odpływu, np. wzrostu odpływu w półroczu zimowym lub letnim w latach 1951–1995, zastosowano współczynnik Gibbisa-Martina w modyfikacji J.E. Olivera (Oliver 1980). Współczynnik ten, pozwalający na ocenę stopnia koncentracji odpływu, nie był dotychczas stosowany w hydrologii. Daje on lepsze, bardziej jednoznaczne wyniki od powszechnie używanego współczynnika zmienności. Cykliczność odpływu analizowano stosując metodę FFT. Duża część pracy została wykonana przy użyciu kartograficznego programu komputerowego MAPINFO. Zdygitalizowano mapę Karpat z granicami gmin, regionów fizycznogeograficznych i głównych zlewni. Za pomocą programu MAPINFO zagregowano dane obrazujące m.in. strukturę użytkowania ziemi, gęstość zaludnienia, wskaźnik antropopresji w regionach i zlewniach.

Podstawowe materiały wykorzystane w pracy to miesięczne, półroczne i roczne przepływy z lat 1951–1995, w kilkudziesięciu profilach wodowskazowych w zlewni Wisły, do Zawichostu. Przyjęto zasadę wykorzystywania danych jednolitych czasowo, co znacznie ograniczyło liczbę punktów, ale i zapewniło porównywalność otrzymanych wyników. Okres 45 lat jest zupełnie wystarczający do uzyskania poprawnych charakterystyk hydrologicznych. Materiały statystyczne, dotyczące m.in. struktury użytkowania ziemi i liczby ludności uzyskano z GUS, natomiast wielkości powierzchni zmeliorowanych – z regionalnych urzędów zarządzających gospodarką wodną.

1.2. ANTROPOGENICZNE PRZEKSZTAŁCENIA ŚRODOWISKA POLSKICH KARPAT

Karpaty, region fizycznogeograficzny zajmujący w Polsce powierzchnię 19 600 km², odgrywają szczególną rolę w kształtowaniu klimatu, stosunków wodnych (zwłaszcza odpływu). Decydują m.in. o wielkości denudacji, transporcie jonowym itp. w całym dorzeczu Wisły (Punzet 1991). Rola, jaką odgrywają Karpaty w zlewni Wisły, jest trudna do przecenienia, stąd tak częste zainteresowanie sprawami szybkości, zasięgu czasowego i przestrzennego zmian środowiska, które zostały wywołane czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi. Rozdzielenie obu wymienionych czynników i wskazanie za co i w jakim stopniu odpowiedzialny jest człowiek, a co jest poza zasięgiem antropopresji, to jeden z częstszych tematów badań. Aby wnioski z badań nie miały charakteru nieudowodnionych hipotez, potrzebna jest znajomość stanu wyjściowego, z czasów kiedy środowisko funkcjonowało bez lub z nieznacznym udziałem człowieka oraz stanu dzisiejszego. Wydaje się, że mimo wielu prac istnieje luka poznawcza obejmująca okres od początku państwa polskiego do XIX wieku. Wyniki badań stanu środowiska w przeszłości obciążone są dużymi błędami, ale parametryzacja procesów w nim zachodzących, chociaż trudna, jest możliwa do osiągnięcia. Wskazuje na to m.in. praca H. Maruszczaka (1988). Dzisiejszy stopień zinwentaryzowania środowiska Karpat, poza terenami parków narodowych, jest słaby. Najlepiej poznane są stosunki termiczno-wilgotnościowe, budowa geologiczna, odpływ i szata roślinna.

Karpaty zamieszkuje około 2,5 mln ludzi, z czego 36% mieszka w miastach a 64% na wsi. W Karpatach znajduje się 47 miast oraz 47 miejscowości posiadających w przeszłości prawa miejskie. Miasta w Karpatach zajmują powierzchnię 1431 km², czyli 7,3% powierzchni ogólnej. Powierzchnię objętą zabudową typu miejskiego można oszacować na 3–4%. Wsi, czyli najmniejszych jednostek administracyjnych, jest 1769, z tego na pogórzu 1039 i w górach 730. Obszar Pogórza Karpackiego zamieszkuje 1,5 mln osób, a Beskidy 1,0 mln osób. Zasiedlanie Karpat rozpoczynało się od północy w kierunku południowym. Współcześnie w tym samym kierunku zmniejsza się stopień antropopresji.

W strukturze użytkowania ziemi grunty orne stanowią 37,0%, sady 1,4%, łąki 4,3%, pastwiska 8,3%, razem użytki rolne 51,0%, lasy 41,4%, wody 1,6%, użytki techniczne 5,1%, użytki różne 0,3%, nieużytki 0,6%.

Wśród upraw, zboża zajmują 59,2% powierzchni zasiewów, ziemniaki 15,5%, koniczyna i trawy 31,8%, warzywa 1,3%. Uprawa ziemniaków uzna-

wana jest za szczególnie niekorzystną w obszarach górskich, jako sprzyjającą erozji gleb. Mimo tego, ziemniaki sadzone są na obszarze 1540 km² i jako jedyna uprawa wykazują stały udział w profilu wysokościowym Karpat, od 200 do 1000 m n.p.m. Współczesna struktura użytkowania ziemi i struktura upraw jest wynikiem długotrwałego procesu społeczno-ekonomicznego, który inaczej przebiegał na Pogórzu, a inaczej w Beskidach. Na Pogórzu struktura użytkowania ziemi, zbliżona do dzisiejszej, ukształtowała się już w XVI–XVII wieku, a w XVIII wieku była praktycznie taka jak dzisiaj. W Beskidach były okresy gwałtownych zmian, najczęściej o skokowym charakterze, z których największy przypadł na lata bezpośrednio po II wojnie światowej. Zmiany zachodzą tu również współcześnie.

Śledząc przemiany środowiska nie można pominąć wpływu hodowli zwierząt. W Karpatach żyje ponad 670 tys.szt. bydła, około 440 tys.szt. trzody chlewnej, 370 tys.szt. owiec, znaczna ilość koni i innych zwierząt, co niekorzystnie wpływa na środowisko. Lesistość Karpat wynosi 41,4%, w tym lesistość pogórza określana jest na 29,5%, lesistość pozostałego obszaru na 52,5%. Jednym z czynników najsilniej wpływających na środowisko jest turystyka. W latach 1975–1985 liczba turystów (osób korzystających z noclegów) sięgała od 2,5 do 3,3 mln rocznie, z wyraźną tendencją do koncentracji w najbardziej atrakcyjnych przyrodniczo miejscach. W ostatnim stuleciu w Karpatach prawa miejskie uzyskiwały głównie miejscowości o funkcjach uzdrowiskowych. Największe ośrodki przemysłowe zlokalizowane są na Pogórzu Śląskim (Bielsko-Biała, Cieszyn), w Dołach Jasielsko-Sanockich i w śródgórskich kotlinach (Żywiec, Nowy Targ, Nowy Sącz). Karpaty, jako region, są słabo przemysłowione.

W Karpatach funkcjonuje 14 zbiorników retencyjnych gromadzących około 1200 mln m³ wody. Stopień zaregulowania odpływu jest niski i wynosi około 8%. Ostatnią większą budowlą hydrotechniczną jest zbiornik „Świnna Poręba”, o pojemności 160 mln m³, budowany na Skawie. W Karpatach nie można już budować zbiorników dużych i średnich. Spowodowane jest to istniejącym zagospodarowaniem szerokich dolin rzecznych. Możliwa jest budowa kilku małych zbiorników o funkcji przeciwpowodziowej i podnoszących przepływy minimalne.

1.3. KLIMATYCZNE UWARUNKOWANIA PRZESTRZENNEGO ZRÓŻNICOWANIA OBIEGU WODY W KARPATACH

Karpaty są obszarem o największej w Polsce dynamice procesów hydrologicznych, co wynika z relacji zachodzących pomiędzy klimatem, hipsome-

trią a rzeźbą terenu. Rozciągłość południkowa Karpat w Polsce wynosi tylko 100 km. Zmiana parametrów klimatycznych – temperatury i opadów – uzależniona jest od wysokości nad poziomem morza, co powoduje zmienność szaty roślinnej, gleb oraz różnorodny zespół procesów modelujących środowisko geograficzne. Wyróżniono w Karpatach piętra klimatyczne, roślinne, glebowe, geokologiczne, brak natomiast, jak dotąd, pięter hydrologicznych.

Zasobność zlewni karpackich, wyrażona wielkością spływu jednostkowego, rośnie wraz ze wzrostem wysokości zlewni nad poziomem morza, osiągając maksymalne wielkości w Tatrach. Skrajne wartości to ponad 50 l/s/km² w tatrzańskiej części zlewni Dunajca, 15–20 l/s/km² w wysokich partiach beskidzkich, do mniej niż 8 l/s/km² w pogórskich zlewniach graniczących z Kotliną Sandomierską. Związek między zasobnością zlewni a jej wysokością nad poziomem morza jest tak silny, że wykorzystany został nie tylko we wzorach hydrologii inżynierskiej, ale także do obliczania innych parametrów.

Rozciągłość równoleżnikowa Karpat przekracza 250 km. Z zachodu na wschód maleją w Karpatach roczne sumy opadów, co jest przejawem dominacji napływu wilgotnych mas powietrza z zachodu. Roczne sumy opadów na progę Beskidu Śląskiego przekraczają 800 mm, a we wschodniej części Karpat, z takimi samymi wartościami spotykamy się dopiero na południe od linii Nowy Sącz – Gorlice – Lesko. W tym samym kierunku, z zachodu na wschód zmienia się retencyjność zlewni, decydująca o wielkości odpływu gruntowego, najważniejszej składowej z gospodarczego punktu widzenia. Najmniejsze zasoby wodne mają zlewnie Wisłoki i Wisłoka, co wynika z nałożenia się w tym obszarze najniższych w całym łuku karpackim opadów oraz najmniejszej retencyjności nieco wzrastającej w kierunku wschodnim. W zachodniej części Karpat izolinia odpływu jednostkowego 10 l/s/km² przebiega blisko północnej granicy Karpat, a od linii Dunajca do wschodniej granicy kraju odsuwa się od krawędzi Karpat o 50 i więcej kilometrów.

Bardzo wyraźne jest powiązanie zjawisk hydrologicznych z klimatem. Wielkość odpływu, podstawowy wskaźnik hydrologiczny, nałożony na mapę przestrzennego zróżnicowania opadów, pokrywa się z nią bardzo ściśle, zwłaszcza we wklęsłych formach terenu: śródkarpackich kotlinach, Dołach Jasielsko-Sanockich, w niskich partiach pogórzy, o mniejszych opadach.

Równoleżnikowy przebieg izolinii wartości rocznych parametrów klimatycznych jest uzależniony od hipsometrii. Mapy opadów o określonym prawdopodobieństwie występowania – sum dobowych czy sum opadów ulewnych trwających 15, 30, 60 czy 120 minut (*Atlas hydrologiczny...* 1987), nie wykazują już równoleżnikowego przebiegu. Pola opadów o jednakowej wielkości

łączą obszary Beskidów i Pogórza. Rola hipsometrii jest w tym przypadku znacznie mniejsza. Zdarzenia krótkotrwałe, do jakich należą letnie opady typu ulewnego, uzależnione są w większym stopniu od warunków regionalnych lub lokalnych.

W przypadku rozciągłości równoleżnikowej nakłada się kilka czynników, co różnicuje zlewnie leżące nawet blisko siebie. W warunkach zbliżonej budowy geologicznej, podobnej szaty roślinnej, podobnych gleb itp., obserwuje się systematyczną zmianę parametrów hydrologicznych zlewni, a zwłaszcza rocznego cyklu odpływu i czasu występowania wezbrań. Wielu badaczy podkreśla znaczenie wzrostu stopnia kontynentalizmu klimatu z zachodu na wschód. Trudno mówić jednoznacznie o kontynentalizmie klimatycznym w Karpatach. Raczej trzeba używać określeń typu „klimat bardziej kontynentalny” czy klimat „z większym lub mniejszym stopniem kontynentalizmu”. Wskaźniki kontynentalizmu wyrażone parametrami klimatycznymi (Degórski 1984; Ewert 1972; Kożuchowski, Marciniak 1992) w sposób znaczący ulegają zmianie na wschód od zlewni Dunajca. B. Obrębska-Starkłowa (1977) wykorzystując wskaźniki fenologiczne wyróżniła dwie dziedziny klimatyczne w Karpatach: zachodnią – bardziej oceaniczną i wschodnią – bardziej kontynentalną. Granica między dwiema dziedzinami przebiega działem wodnym Białej i Wisłoki. O tej linii jako o pewnej wartości granicznej mówią także inni badacze. Jak większość granic przyrodniczych, granica ta musi mieć charakter strefy, której szerokości nie znamy. Można jedynie przypuszczać, że sięga ona dość daleko w zlewnię Dunajca, obejmując być może całą zlewnię Białej.

Cechą szczególną klimatu Karpat jest jego duża zmienność klimatyczna. Rok suchy może sąsiadować z rokiem skrajnie wilgotnym (np. suchy 1969 i wilgotny 1970, tak samo 1982 i 1983). Lata wilgotne mogą być zarówno chłodne – w Symbarku w 1980 roku opad wynosił 1148 mm, średnia roczna temperatura $6,4^{\circ}$ – jak i ciepłe. W roku 1983 opad wynosił 1047, a temperatura $8,6^{\circ}$ (Gil 1999). W latach z przewagą cyrkulacji zachodniej, kontynentalne cechy klimatu przesuwają się na wschód, nawet poza granice Polski, natomiast w latach z przewagą cyrkulacji wschodniej, cechy kontynentalne mogą występować w całych Karpatach. Wskazuje na to przestrzenne zróżnicowanie występowania wiosennych roztopów typu solarne o długiej, wyrównanej fali wezbrania ze słabo zaznaczającą się kulminacją. Ten typ roztopów zdarza się sporadycznie w Beskidzie Śląskim, jest częsty na Wyżynie Wańkowej oraz w Bieszczadach i corocznie występuje w ukraińskim dorzeczu Dniestru.

Reżim hydrologiczny rzeki, czyli zmienność odpływu w rocznym cyklu jest w hydrologii jednym ze wskaźników kontynentalizmu. Zastosowanie współczynnika przepływów miesięcznych w postaci procentowej lub bezwymiarowej, zwanego współczynnikiem Parde`ego pozwala na porównanie reżimu rzek o różnej wielkości zlewni. Metoda ta była wielokrotnie wykorzystywana w literaturze. Jednym z najważniejszych warunków poprawności jej stosowania jest użycie jednakowych czasowo serii pomiarowych o długich ciągach obserwacyjnych. Z oczywistych względów nie mógł być ten warunek spełniony w pracach I. Dynowskiej (1971) i Z. Ziemońskiej (1973), gdzie uwzględniono tylko dziesięciolecie 1951–1960, w dodatku okres ten był nietypowy. W pracach późniejszych (Punzet 1991, Łajczak 1999, Dynowska, Maciejewski 1991) wykorzystywano także tylko 20-letnie serie pomiarowe, co należy uznać za zbyt krótki okres. Ostatnia praca poruszająca to zagadnienie (Chełmicki i in. 1999) oparta jest na serii 35-letniej, obejmującej lata 1960–1995, w których wystąpiły bardzo wysokie wezbrania (1970, 1973, 1981) i lata z głębokimi niżówkami. Średnie dla okresu 35 lat nie ulegają już większym zmianom, wraz z wydłużeniem serii pomiarowych. W wymienionej pracy odzrucono posterunki wodowskazowe w zlewniach, w których funkcjonują duże zbiorniki retencyjne, zmieniające naturalny reżim przepływu. Opracowanie wykonano dla 39 posterunków. Można było wydłużyć serię pomiarową do 45 lat (1951–1995), ale to znacząco zmniejszyłoby liczbę posterunków. Wyniki pracy potwierdzają w ogólnym zarysie wnioski z wcześniejszych prac dotyczących reżimów rzek karpackich. Z. Ziemońska (1973) wyróżniła w Karpatach dwa makroregiony: zachodni – z zasilaniem deszczowo-śnieżnym, sięgający do Dunajca i wschodni – z zasilaniem śnieżno-deszczowym obejmującym zlewnie Wisłoki i Sanu. Według I. Dynowskiej (1971) wszystkie rzeki karpackie mają reżim niewyrównany, deszczowo-gruntowo-śnieżne zasilanie, a małe znaczenie letniego wezbrania opadowego wskazuje na bardziej kontynentalny typ obiegu wody we wschodniej części Beskidów. Brak jest dokładnego rozgraniczenia reżimów mniej i bardziej kontynentalnych. Granicą między nimi jest bardzo szeroka strefa pogórskiej części zlewni Dunajca i częściowo Wisłoki.

Po analizie diagramów w cytowanej pracy (Chełmicki i in. 1999) z całą pewnością można przyjąć, że rzeki karpackie, położone na wschód od Białej, wykazują cechy reżimu bardziej kontynentalnego niż rzeki zlewni Dunajca, Raby, Skawy i Soły czy górnej Wisły. Do takich cech należy zaliczyć: koncentrację odpływu w jednym, zwartym cyklu od marca do maja, brak wyraźnego wezbrania letniego i głęboką niżówką trwającą od początku sierpnia aż do końca października.

Oddzielnym zagadnieniem jest wpływ człowieka na reżim rzek, co było przedmiotem dociekań I. Dynowskiej (1984), J. Punzeta (1973), I. Henninga i in. (1991). Liczba zbiorników retencyjnych powoli, ale stale wzrasta i nie można już użyć, do analizy reżimu, materiałów z wodowskazów położonych poniżej systemu zbiorników na Sole i Dunajcu. W ograniczonym zakresie można wykorzystać dane ze zlewni Sanu i Wisłoka. Do badań nad reżimem ważne jest znaczne zmniejszenie odpływu podczas napełniania zbiornika. Następuje to w stosunkowo krótkim czasie, mniejszym na ogół od miesiąca, powodując tym samym wydatne zmniejszenie odpływu w rzece. Rozłożenie szczytowania rezerwy zbiornika na kilka letnich miesięcy nie ma już takiego znaczenia. Równie destrukcyjny wpływ może mieć koncentracja w zlewni różnych form antropopresji, czego przykładem jest niewielka, silnie zagospodarowana i uprzemysłowiona zlewnia Hownicy w Czechowicach, na progu Karpat, czy w większej skali, leżąca poza Karpatami uprzemysłowiona zlewnia Przemszy (górnictwo). W wymienionych zlewniach zakres współczynnika Parde'ego jest najniższy w całej zlewni Wisły do Sandomierza. W przypadku Hownicy wskaźnik mieści się w przedziale 0,75 do 1,15, a w Karpatach średnio pomiędzy 0,5 do 1,5. Wynikiem antropopresji w zlewni jest więc zmniejszenie zakresu współczynnika, wynikające z wyrównania odpływu w cyklu rocznym.

1.4. ANTROPOPRESJA A OBIEG WODY W KARPATACH

Polskie Karpaty są obszarem o silnie przekształconym środowisku. W porównaniu ze słowacką, ukraińską czy rumuńską częścią Karpat, polskie góry są najsilniej przekształcone przez człowieka, o czym zadecydowały w równej mierze warunki naturalne, historyczne oraz społeczno-gospodarcze uwarunkowania ostatnich dziesięcioleci. Dzisiejszy stan środowiska Karpat jest wynikiem wielowiekowej presji rolniczej. Przemysł w Karpatach rozwijał się tylko w obszarach graniczących z innymi, bardziej zasobnymi regionami, czego przykładem jest rejon Bielska-Białej. Lokalne zasoby surowcowe – ropa naftowa, gaz ziemny, surowce skalne, nie dawały podstaw do rozwoju większych ośrodków przemysłowych. Aż do początku XX wieku Karpaty były obszarem wyłącznie rolniczym, z małymi centrami miejskimi spełniającymi rolę ośrodków administracyjnych. W latach 1950–1980, w ramach prowadzonej centralnie polityki uprzemysłowienia, powstawały w Karpatach duże zakłady produkcyjne. Zakłady te – w Sanoku, Krośnie, Gorlicach, Nowym Sączu i w mniejszych miejscowościach – po 1990 roku zmniejszyły produkcję lub zmieniły profil produkcyjny, co znacząco wpłynęło na zmniejszenie zanie-

czyszczenia wód i atmosfery. W tych samych latach niewielkie dotychczas uzdrowiska rozwinęły się w duże ośrodki wypoczynkowe (zespoły uzdrowisk w dolinie Popradu, Szczyrk, Szczawnica, Wysowa), powstały nowe centra nad zbiornikami retencyjnymi stanowiące poważne zagrożenie środowiskowe (Solina, Polańczyk, rejon zbiorników żywieckiego i rożnowskiego).

Rozproszone osadnictwo wiejskie, tak typowe dla polskich Karpat, jest wynikiem historycznych procesów, na które składają się akcje osadnicze w XIV–XV stuleciu, zniesienie pańszczyzny w 1848 roku, przeludnienie oraz głód ziemi w XIX wieku. Wielowiekowa presja osadnicza doprowadziła w Karpatach do dominacji małej własności. Przed 1945 rokiem wielka własność ziemską w Karpatach obejmowała głównie lasy. Reforma rolna w 1945 r. tylko w niewielkim stopniu przyczyniła się do rozdrobnienia gruntów. W jej wyniku do drobnej własności indywidualnej przeszło tylko 4% ogólnej powierzchni gruntów ornych. Postęp cywilizacyjny w Karpatach jednoznacznie wiązał się z degradacją środowiska. Wprowadzenie nowych upraw (ziemniaki), zmiana agrotechniki, mechanizacja prac polowych, miały zawsze negatywny wpływ na obieg wody.

Antropopresja w zlewni przejawia się w formie bezpośredniej i pośredniej (Wilgat 1979, 1984; Dynowska i in. 1985). W Karpatach bezpośrednie formy antropopresji są znaczące, ale jednocześnie łatwe do czasowego i przestrzennego określenia. Bezpośrednie formy to pobór wód do celów komunalnych i przemysłowych oraz wynikające z tego przerzuty wody między zlewniami, zmiany naturalnego reżimu w wyniku pracy zbiorników retencyjnych, zanieczyszczenie wód. Wszystkie wymienione formy mają dobrą dokumentację ilościową, są przedmiotem statystycznych rejestracji (*Ochrona środowiska...* 1991–1999). Wpływ zbiorników retencyjnych na transformację odpływu, wielokrotnie był przedmiotem opracowań i publikacji (m.in. Czaja 1999; Dynowska 1984; *Gospodarka...* 1995; Hennig i in. 1991; Jankowski 1986, 1989; Mikulski 1982; Punzet 1973, 1992, 1999; Wilgat, Kowalska 1975; Zieliński, Słota 1996).

W Karpatach, w 1999 roku, istniało tylko 8 większych zbiorników retencyjnych mających znaczący wpływ na regulację odpływu. Rola tych nielicznych zbiorników jest jednak bardzo duża. Ważna jest redukcja przepływów maksymalnych, co jest podkreślane w czasie każdej powodzi, a jeszcze większe znaczenie ma podwyższenie przepływów najniższych. Cechą Karpat jest mała retencyjność zlewni i wynikające z tego wyjątkowo niskie przepływy minimalne. Zbiorniki retencyjne podwyższają kilkakrotnie przepływy najniższe, zwłaszcza w czasie jesiennych i letnich niżówek, zmieniając zupełnie naturalny reżim. Podniesienie przepływów minimalnych w wyniku pracy

zbiorników retencyjnych obejmuje Sołę, Rabę, Skawę, Dunajec, San, a w mniejszym stopniu Wisłok i Wisłokę. Jediną większą rzeką, o w miarę naturalnym reżimie przepływów pozostała Skawa. Wynika to z przedłużającej się w nieskończoność budowy zbiornika „Świnna Poręba”. Inne formy bezpośredniego oddziaływania człowieka na obieg wody, związane np. z odpompowywaniem wód gruntowych z kamieniołomów, czy innych działań górniczych występują lokalnie lub incydentalnie (Wieliczka) i nie mają znaczenia.

Pośrednie formy oddziaływania człowieka na obieg wody są bardzo trudne do oceny. Zwracają na to uwagę autorzy zajmujący się tą problematyką, podkreślając często brak możliwości wykazania łańcucha przyczynowo-skutkowego. W Karpatach mamy do czynienia ze wszystkimi formami oddziaływań pośrednich z tym, że ich intensywność lub zasięg są zróżnicowane.

Przejawami antropopresji na obieg wody, związanej z rolniczą i leśną działalnością są:

- rozproszone osadnictwo wiejskie;
- zajęcie pod uprawę każdego nadającego się dla rolnictwa skrawka ziemi, także stromych stoków lub wysoko położonych grzbietów;
- mały udział użytków zielonych w ogólnej powierzchni użytków rolnych;
- prowadzenie orki zgodnie ze spadkiem wynikające z małych rozmiarów działek i ich usytuowania na stokach, terasy śródpolne;
- gęsta sieć dróg polnych i leśnych;
- wylesienie lub rozbitcie kompleksów leśnych na małe powierzchnie;
- nadmierna eksploatacja lasów i niezgodne z siedliskowymi uwarunkowaniami wprowadzanie monokultur leśnych;
- melioracje rolne i leśne ukierunkowane wyłącznie na przyspieszone odprowadzanie wody.

Niektóre z wymienionych oddziaływań zanikły lub zanikają, np. wypas bydła w lasach, ale ich skutki są i będą znaczące jeszcze dosyć długo. Niekonserwowane obiekty melioracyjne często istnieją tylko w statystykach. Wraz z postępem cywilizacyjnym pojawiły się nowe zagrożenia, związane z rozwojem wodociągów i kanalizacji przy równoczesnym braku oczyszczalni. Są to czynniki wpływające dramatycznie na jakość wód w małych ciekach i wód gruntowych. W ostatnim dziesięcioleciu obserwuje się powstawanie wielkoobszarowych gospodarstw rolnych, co wpływa na zwiększenie powierzchni pól. Sieć małych pól o zróżnicowanym użytkowaniu, oddzielonych miedzami, jest korzystniejsza z hydrologicznego punktu widzenia, od jednorodnych powierzchni obejmujących całe stoki.

Do ważnych przejawów antropopresji zaliczyć należy także bezpośrednie ingerencje człowieka w koryta rzek i potoków. Powstałe pod koniec XIX wieku wielkie plany uporządkowania koryt wszystkich rzek karpackich, łącznie z ich częściowym uszląwnieniem, nigdy nie zostały zrealizowane. W latach 50. rozpoczął się proces wydobywania z koryt cieków żwiru i otczaków dla potrzeb budownictwa i drogownictwa. Proces ten jest jedną z przyczyn silnego i powszechnego w całych Karpatach procesu pogłębiania koryt rzecznych, czego skutkiem jest niszczenie budowli hydrotechnicznych. Regulacja koryt prowadzona odcinkowo, budowa, bez potrzeby, korekcji progowych na ciekach, to przejawy antropopresji powszechnie widoczne w korytach karpackich cieków.

Nieuregulowana gospodarka wodno-ściekowa w miastach i zakładach przemysłowych była powodem złego stanu sanitarnego rzek karpackich. Zmiany polityczne i wprowadzenie gospodarki rynkowej doprowadziły w ostatnich latach do spadku produkcji, zamknięcia zakładów przemysłowych, co z kolei wpłynęło na poprawę jakości wód powierzchniowych. Budowa oczyszczalni w miastach, racjonalizacja zużycia wody w gospodarstwach domowych – to przejawy nowego stosunku do zasobów wodnych.

2. HISTORIA I STAN BADAŃ NAD WPŁYWEM ANTROPOPRESJI NA OBIEG WODY

Geografia jest jedną z najstarszych dyscyplin naukowych, a elementy hydrologiczne zawsze stanowiły ważną jej część. Obserwacje opadów i wzebrań rzek, spływu i wsiąkania wody w glebę, budowa zbiorników wodnych i kanałów, określenie roli wody w roślinności i wprowadzenie nawadniania, dopiero w XVI wieku zostały zsyntetyzowane przez Palissy'ego, w spójnym, do dzisiaj aktualnym poglądzie na obieg wody (Biswas 1978). Zaproponowany schemat obiegu wody dopiero ponad sto lat później zyskał powszechne uznanie. Musiało upłynąć trzysta lat, aby zauważony został ilościowy wpływ człowieka na obieg wody. Wcześniej stwierdzano jedynie destrukcyjny wpływ dużych skupisk ludności na jakość wód powierzchniowych (Biswas 1978). Równanie bilansowe Pencka, w pierwszych dziesięcioleciach jego wykorzystywania, miało wybitnie ogólny charakter. Brak dokładnych pomiarów opadów i odpływu uniemożliwiało ilościową ocenę wpływu człowieka w dużych zlewniach. Przełomowe w badaniach nad wpływem ludzkiej działalności na obieg wody były niemieckie i szwajcarskie badania w małych zlewniach o różnym stopniu zalesienia, których udokumentowane wyniki pojawiają się w latach trzydziestych XIX wieku. Perspektywa czasowa badań nad obiegiem wody, w porównaniu z innymi dziedzinami przyrodniczymi, jest wyjątkowo krótka. Na uwagę zasługuje także funkcjonowanie wielkich i trwałych obiektów hydrotechnicznych – systemy nawadniające w Mezopotamii i dolinie Indusu, Azji Środkowej, kanały w Chinach, rzymskie akwedukty w całym basenie Morza Śródziemnego powstające w skrajnie różnych warunkach środowiskowych, których budowniczy nie łączyli opadu z odpływem.

Historia badań wpływu człowieka na środowisko w naukach geograficznych i w kręgu nauk pokrewnych jest dobrym przykładem złożonego i skomplikowanego rozwoju tej dziedziny. Dzisiaj jest ona jedną z najważniejszych w całym zakresie badań środowiskowych, a w niedalekiej przeszłości praktycznie nie istniała. Pierwsze prace odnoszące się do antropogenicznych zmian w obiegu wody dotyczą problemu wpływu lasu na zasoby wodne. W 1913 roku E. Romer podsumował własne badania prowadzone w lasach dobrostańskich, na terenie których miały być budowane ujęcia wody dla Lwowa. Poglądy E. Romera nawiązywały do pionierskich w tym czasie badań rosyjskich. Wykorzystane zostały także doświadczenia szwajcarskie i niemieckie. W pracy tej nie zostały użyte sformułowania jednoznacznie wskazujące na to, że przedmiotem rozprawy jest wpływ człowieka na obieg wody i zasoby wód

gruntowych poprzez wylesianie, wynika to raczej z całości opracowania. Jest to właściwie jedyna polska praca w całej literaturze hydrologicznej pierwszej połowy XX wieku dotycząca zagadnień wpływu lasu na obieg wody i napisana na podstawie badań terenowych i doświadczeń polowych.

Wpływ człowieka na środowisko był zauważalny od wielu lat, ale dopiero w latach 60. pojawiły się prace bezpośrednio dotyczące roli człowieka w przekształcaniu krajobrazu. Wpływ ten nie był wyodrębniany jako przedmiot badań samodzielnych. Nawet w pracach dotyczących melioracji i planowego przekształcania stosunków wodnych nie znajdujemy uwag dotyczących negatywnych skutków działania człowieka. W 4-tomowej pracy A. Kędziora (1928–1934) zawarte są opisy przedsięwzięć melioracyjnych mających wyłącznie pozytywny skutek. Właściwie dopiero prace K. Figuły (1953, 1958, 1965a, 1965b, 1966) i T. Kłusa (1965) po raz pierwszy wykazują wpływ człowieka na obieg wody. Wcześniejsze prace związane były z wpływem lasu na obieg wody i zawierały część wniosków z wzorcowych w tym czasie badań szwajcarskich. Współcześnie liczba prac polskich odnoszących się do zagadnień człowiek–woda w środowisku, sięga wielu tysięcy, co dokumentują bibliograficzne zestawienia tematyczne. Większość prac ma jednak charakter przyczynków, zawierają one tylko opisy i wyniki eksperymentów. Brak jest natomiast opracowań syntetycznych. Jedynie w regionalnych monografiach hydrologicznych (Czaja 1999; Jankowski 1986; Michalczyk 1986; Kaniecki 1993) znaleźć można pełniejsze ujęcia tematu antropopresji w obiegu wody. Podobne tendencje występują w literaturze zagranicznej. Wydawane bibliografie (Keller 1968; Blackie i in. 1990) wskazują na zainteresowanie badaczy tematyką najczęściej poruszaną, czyli relacją las–woda. Nadal aktualne i cytowane są monografie A.A. Mołczanowa (1960), P.F. Idzona i G.S. Pime nowej (1975). Rola wylesień, jako czynnika odpowiedzialnego za zmiany w odpływie, dostrzegana jest w małych zlewniach eksperymentalnych i wielkich rzekach na nizinie rosyjskiej (Dobroumow, Ustiużanin 1980; Sznitnikow 1968; Szikłomanow 1979, Lwowicz 1979).

Znaczenie człowieka w przekształcaniu obiegu wody stanowi oddzielny rozdział w wielu podręcznikowych opracowaniach autorów zachodnich, dotyczących zagadnień środowiskowych i w wielu tomach referatów tematycznych konferencji. Są to najczęściej przykłady negatywnego wpływu rolnictwa wielkoobszarowego na odpływ i wody gruntowe, problemy nadmiernego użytkowania zasobów wodnych w strefie półsuchej, niekorzystnego oddziaływania wielkich zbiorników retencyjnych, wpływu wylesień w obszarach górskich na generowanie katastrofalnej erozji gleb i powodzi itp. W czterech tomach prac (Snorrason i in. 2002; Roberts 1994; Goudi 1990;

Ives, Messerli 1989) znajdują się ponad trzy tysiące cytowanych publikacji, a nie ma ani jednej pracy, z której tytułu wynikałoby, że dotyczy ona kompleksowego ujęcia wpływu człowieka na obieg wody.

Szczególne znaczenie ma tom zatytułowany *Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*, opracowany pod redakcją I. Dynowskiej (1993), który obejmuje obszar całej Polski i jest przykładem całościowego ujęcia tematu – woda i człowiek. Jest to wynik prac wykonanych w ramach Centralnego Programu Badań Podstawowych 03.13 „Ewolucja środowiska geograficznego Polski”, koordynowanego przez L. Starkla. Wyżej wymieniony tom liczy 462 stron, zamieszczono w nim zebraną i opracowaną w latach 1986–1990 praktycznie całą krajową literaturę. Zaprezentowano m.in. *Zanieczyszczenie opadów atmosferycznych w Polsce* (R. Hryniewicz, G. Przybylska) i *Zmiany jakości wód powierzchniowych* (S. Zięba). Zasadniczą część monografii tworzą rozdziały dotyczące antropogenicznych i naturalnych tendencji rozwoju jezior i mokradel (napisane pod kierunkiem Z. Churskiego), zmian odnoszących się do wód podziemnych (pod kierunkiem B. Paczyńskiego) i rozdział poświęcony naturalnym i antropogenicznym zmianom obiegu wody (pod kierunkiem M. Gutry-Koryckiej). Dzieło to, jak każde, nie jest wolne od braków i elementów dyskusyjnych. Stanowi jednak najpełniejszą literaturę przedmiotu i jest podsumowaniem stanu hydrosfery w Polsce początku lat 90.

Tematyka wpływu człowieka na obieg wody była stale obecna w konferencjach organizowanych z inicjatywy Komisji Hydrograficznej Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Konferencje te, organizowane co 2–3 lata przez różne ośrodki naukowe, były miejscem dyskusji, a materiały konferencyjne opublikowane w postaci tomów streszczeń czy pełnych referatów (Bachotek, Lublin, Wrocław, Łódź, Kraków) wskazują na zainteresowanie tym tematem. Wydawane okazjonalnie wydawnictwa pokonferencyjne zawierają cenne prace, które często nie są znane szerszym kręgom specjalistów. Bibliografia hydrograficzna wydawana przez Komisję Hydrograficzną PTG zawiera wykaz prac magisterskich. Duża liczba prac świadczy o zainteresowaniu tym tematem także studentów geografii.

3. ANTROPOGENICZNA SKŁADOWA OBIEGU WODY – PRÓBA DEFINICJI

Schemat krążenia wody w przyrodzie, w postaci mniej lub bardziej skomplikowanych rycin obrazujących relacje zachodzące pomiędzy wodą w atmosferze, w biosferze i litosferze, jest podstawowym diagramem w podręcznikach hydrologii. W zależności od odbiorcy, do którego skierowany jest podręcznik lub praca naukowa, pokazywane są różne, często bardzo złożone drogi krążenia wody w geosystemach. W nowszych pracach (Chachine 1992; Berner, Berner 1987; Young i in. 1994; Van der Loeden i in. 1991) podawane są względne lub bezwzględne wielkości uzyskane drogą pomiarów i obserwacji. Podstawowe prawidłowości procesów decydujących o wystąpieniu opadów, formowaniu odpływu, formowaniu spływu powierzchniowego czy infiltracji zostały poznane i są powszechnie stosowane. Schematy krążenia wody w przyrodzie obrazują stan naturalny, w którym człowiek nie odgrywa żadnej lub znaczącej roli. Brak człowieka jako czynnika modyfikującego obieg wody jest wynikiem bezradności nauki wobec złożoności problemu. Wiadomo bowiem od lat jaka jest rola człowieka w obiegu wody, ale nie udało się tej wiedzy przełożyć na spójny schemat obiegu wody, w którym obok czynników naturalnych znalazłby się człowiek.

W obiegu wody można wyróżnić, w zależności od przyjętych kryteriów i celów, kilka składowych nawiązujących do etapów obiegu wody. Składowa atmosferyczna – to etap transportu pary wodnej, składowa litosferyczna – to naziemny, powierzchniowy etap, w którym woda przebywa na powierzchni ziemi. Składowa biotyczna, to etap transpiracji i wiązania wody przez materię żywą. Na każdym etapie obiegu wody zaznacza się wpływ człowieka w postaci zmiany ilości dostarczanej lub odprowadzanej wody, a częściej zmiany proporcji w strukturze obiegu wody (Absalon i in. 1997; Kriz 1994; Kurek 1969, 1971; Lach 1975; Łoś 1997; Pawlik-Dobrowolski 1971; Perechrest, Pieczkowskaja 1969; Pietryga 1971; Shukla i in. 1990; Soja 1992, 1996; Szturc 1993a, 1993b). Składową antropogeniczną jest podwyższenie przepływów minimalnych przez zbiornik retencyjny lub zanik odpływu cieków w całości pobranego na potrzeby gospodarcze. Składową antropogeniczną będzie wielki odpływ powierzchniowy z obszaru zajętego przez zakład przemysłowy, wybudowany na terenach leśnych. Składową antropogeniczną to wprowadzenie do obiegu wody zanieczyszczeń chemicznych lub termicznych, zawiesiny z pól uprawnych itp.

W genetycznym podziale hydrogramu odpływu wyróżniamy odpływ gruntowy, pokrywowy i powierzchniowy. W zlewniach leśnych z naturalnym drzewostanem przy małych i średnich opadach, spływ powierzchniowy nie

występuje. W zlewni użytkowanej rolniczo hydrogram odpływu, na skutek oddziaływania człowieka, ma inne parametry, inną strukturę odpływu. Całokształt wpływu człowieka na środowisko, skutkujący zmianami w obiegu wody, możemy nazwać antropogeniczną składową obiegu wody. Definicja ta nie ma formy ostatecznej i może ulec zmianie. Na dzisiejszym etapie badań ma ona charakter definicji nieostrej. Składowa antropogeniczna od atmosferycznej, litosferycznej czy biotycznej, różni się tym, że nie jest ograniczona do jednego środowiska. Pojęcie to pozwala na włączenie do obiegu wody człowieka, wpływowi którego trudno byłoby zaprzeczyć.

Za koniecznością wydzielenia składowej antropogenicznej przemawia także powszechność jej występowania. W Polsce nie ma zlewni o nieprzekształconym obiegu wody. Nawet małe zlewnie w obszarach chronionych, w parkach narodowych i rezerwatach przyrody podlegają degradacji przez daleki transport pyłów i gazów, których wpływ jest widoczny w postaci zmienionego składu chemicznego lub pH wody. Podobnie w Europie, w obszarach o prawie naturalnym środowisku (Skandynawia, Alpy) hydroenergetyczne wykorzystanie rzek przekształciło w zupełności naturalny reżim dużych i średnich rzek prowadzących wodę o niezmienionym składzie chemicznym.

Argumentem przemawiającym za używaniem pojęcia antropogenicznej składowej są zmiany w skali globalnej. Dyskusja nad wpływem człowieka na globalne zmiany klimatyczne, jaka rozwinęła się w ostatnich latach, jest jedną z najbardziej żywych wymian poglądów w dziejach nauki. Jeżeli przyjmiemy za udowodniony proces zwiększania się efektu cieplarnianego w wyniku dostawy do atmosfery przez człowieka dużych ilości dwutlenku węgla, co wywołuje stały wzrost średniej temperatury powietrza, to jednym ze skutków będą zmiany w strukturze dużego i małego obiegu wody (Bras 1992; Boryczka 1990, 1993; Gutry-Korycka 1996; Gutry-Korycka i in. 1998; Gutry-Korycka, Kaczmarek 1994, 1997; Kaczmarek, Krasuski 1991; Newson 1994; Obrębska-Starkel, Starkel 1991; Ozga-Zielińska 1993; Panugulia, Dimon 1997; Young i in. 1994). Nie zmieni się ilość wody na kuli ziemskiej. Zmianom ulegać mogą jedynie proporcje między stanami skupienia wody, dla których głównym regulatorem jest temperatura. Liczne studia prognostyczne dowodzą, że przy wzroście temperatury powietrza o 2 lub 4 stopnie, zwiększy się w niektórych regionach opad, wzrośnie lub zmaleje odpływ. Będą to zmiany zauważalne i mające wpływ na gospodarkę i ekonomię. Skutki działalności człowieka miałyby w tym przypadku zasięg globalny, o skali nie notowanej w historii Ziemi. Zasięg i szybkość zmian w pełni uprawnia do używania pojęcia antropogenicznej składowej w obiegu wody w odniesieniu do całej kuli ziemskiej.

4. REGIONALNE ZRÓŻNICOWANIE ANTROPOPRESJI W KARPATACH

Ocena potencjalnych warunków występowania antropopresji w ujęciu przestrzennym wiąże się zawsze z problemem operowania zbiorami danych, odnoszącymi się do jednostek administracyjnych o granicach wyznaczonych, bez uwzględnienia warunków przyrodniczych lub do zlewni, których wododziały tylko sporadycznie pokrywają się z granicami administracyjnymi. Baza danych skonstruowana dla gmin położonych w Karpatach i na ich bezpośrednim przedpolu, zawiera następujące informacje (stan w 1995 roku): powierzchnia jednostki, liczba ludności, gęstość zaludnienia, powierzchnia użytków rolnych, powierzchnia gruntów ornych, powierzchnia sadów, łąk i pastwisk, powierzchnie zalesione, powierzchnia pozostałych form użytkowania, powierzchnie zmeliorowane. Wszystkie elementy dotyczące struktury użytkowania ziemi przedstawiono także w procentach, w stosunku do powierzchni jednostki. Przyjęto, że wymienione wskaźniki są miernikami stopnia antropopresji lub opisują stan środowiska ważny dla obiegu wody. Na zdigitalizowaną mapę Karpat z granicami gmin, regionów fizycznogeograficznych i zlewni nakładano za pomocą programu MAPINFO dane statystyczne, przypisując je do wyznaczonych regionów i zlewni. Stosowano procedury programu GIS przy przeliczaniu wskaźników w przypadku niezgodności granic jednostek administracyjnych z zasięgiem regionów i zlewni. Dokładność przyjętego rozwiązania jest wystarczająca dla skali opracowania, tzn. 1:300 000. Zastosowanie programu MAPINFO umożliwiło wygenerowanie map tematycznych i obliczenie wskaźnika antropopresji w gminach, regionach i zlewniach. Materiał podstawowy, czyli dane na poziomie gmin, pochodzi z publikowanych materiałów statystycznych. Wykorzystano także niepublikowane dane służb melioracyjnych dotyczące powierzchni zmeliorowanych w gminach. W pracy zamieszczono tylko dane zagregowane dla regionów fizycznogeograficznych i zlewni (tab. 1–4), pomijając obszerne zestawienia dotyczące gmin.

Materiał zawarty w tabelach 1–4 został użyty do skrótowej charakterystyki regionów i zlewni potrzebnej do obliczenia wskaźnika antropopresji. Możliwości wykorzystania danych w nich zawartych są znacznie szersze, bowiem wszystkie publikowane dotychczas regionalizacje Karpat pomijają elementy odnoszące się do działalności człowieka, skupiając się wyłącznie na elementach fizycznych. Brak jest podstawowych danych o strukturze użytkowania ziemi, czy gęstości zaludnienia regionów. W monografii *Karpaty Polskie* (Warszyńska 1995) zagadnienia społeczno-ekonomiczne rozpa-

Tabela 1. Struktura użytkowania ziemi w zlewniach karpackich, w km²

Zlewnia	Powierzchnia w km ²	Ludność w tys.	Gęstość zaludnienia os/km ²	Użytki rolne	Grunty orne	Łąki	Sady	Lasy	Pozostałe	Obszary zmeliorowane
Odra	105	40,9	390,8	53	37	14	3	38	14	12
Wisła P*	176	43,6	247,9	128	92	30	6	24	24	47
Uszwica	229	32,7	143,0	151	110	37	4	57	21	27
Strwiąż	230	12,8	55,8	54	20	34	0	109	12	9
Skawinka	341	66,8	195,8	213	171	34	8	85	44	77
Orawa	357	29,8	83,6	196	130	66	0	115	21	63
Wisła B**	630	266,6	423,1	278	178	87	14	247	105	132
Biała	909	108,9	119,8	568	432	119	26	265	76	96
Skawa	1060	178,4	168,3	517	418	90	9	456	87	141
Soła	1205	213,8	177,4	480	338	133	9	596	129	115
Raba	1341	187,2	139,6	736	537	161	41	477	128	122
Wisłok	2325	362,6	156,0	1507	1122	352	37	570	275	378
Wisłoka	2925	348,2	119,0	1619	1167	454	20	1049	256	338
Dunajec	3537	510,4	144,3	1770	1086	555	89	1450	394	130
San	3791	199,7	52,7	1192	796	460	30	2160	415	149

* – zlewnie małych dopływów Wisły uchodzące do Wisły na obszarze Kotliny Sandomierskiej

** – zlewnia Wisły od źródeł do północnej granicy Karpat

Tabela 2. Struktura użytkowania ziemi w zlewniach karpackich, w %

Zlewnia	Powierzchnia w km ²	Użytki rolne	Grunty orome	Łąki	Sady	Lasy	Pozostałe	A	B	Współczynnik antropopresji P
Odra	105	50,5	35,2	13,3	2,9	36,2	13,3	11,4	22,6	2,09
Wisła P*	176	72,7	52,3	17,0	3,4	13,6	13,6	26,7	36,7	3,92
Uszwica	229	65,9	48,0	16,2	1,7	24,9	9,2	11,8	17,9	1,92
Strwiąż	230	23,5	8,7	14,8	0,0	47,4	5,2	3,9	16,7	0,39
Skawinka	341	62,5	50,1	10,0	2,3	24,9	12,9	22,6	36,2	3,22
Orawa	357	54,9	36,4	18,5	0,0	32,2	5,9	17,6	32,1	1,28
Wisła B**	630	44,1	28,3	13,8	2,2	39,2	16,7	21,0	47,5	2,51
Biała	909	62,5	47,5	13,1	2,9	29,2	8,4	10,6	16,9	1,61
Soła	1060	48,8	39,4	8,5	0,8	43,0	8,2	13,3	27,3	1,13
Skawa	1205	39,8	28,0	11,0	0,7	49,5	10,7	9,5	24,0	1,58
Raba	1341	54,9	40,0	12,0	3,1	35,6	9,5	9,1	16,6	1,31
Wisłok	2325	64,8	48,3	15,1	1,6	24,5	11,8	16,3	25,1	2,29
Wisłoka	2925	55,4	39,9	15,5	0,7	35,9	8,8	11,6	20,9	1,33
Dunajec	3537	50,0	30,7	15,7	2,5	41,0	11,1	3,7	7,3	0,92
San	3791	31,4	21,0	12,1	0,8	57,0	10,9	3,9	12,5	0,49

* – zlewnia Wisły od źródeł do północnej granicy Karpat

** – zlewnie małych dopływów Wisły uchodzące do Wisły na obszarze Kotliny Sandomierskiej

A – udział powierzchni zmeliorowanych w użytkach rolnych

B – udział powierzchni zmeliorowanych w gruntach ornych

Tabela 3. Struktura użytkowania ziemi w regionach, w km²

Region	Powierzchnia w km ²	Ludność w tys.	Gęstość zaludnienia os/km ²	Użytki rolne	Grunty orne	Użytki rolne	Sady	Lasy	Pozostałe	Obszary zmeliorowane
Tatry	188	29,2	155,4	59,6	21,5	38,1	0,0	86,8	41,6	0,7
Kotlina Sądecka	201	99,4	495,5	110,4	84,5	16,2	9,7	54,8	35,5	7,3
Beskidy Mały	321	64,6	201,3	128,0	97,6	26,6	3,8	153,3	39,7	37,9
Brama Sieniawska	375	49,1	130,8	208,0	163,3	44,5	1,2	140,7	26,5	59,2
Beskid Śląski	399	86,1	215,8	127,2	77,2	45,4	4,6	232,2	39,7	32,6
Wyżyna Wańkowej	443	11,7	26,3	148,0	77,5	69,4	1,2	257,1	38,1	20,3
Pogórze Śląskie	589	313,5	532,1	336,0	240,2	80,8	15,0	138,1	115,1	191,5
Obniżenie Jabłonkowskie	632	121,4	192,1	286,2	213,3	67,6	5,3	274,4	71,3	61,1
Bieszczady Niskie	875	53,9	61,5	259,8	137,2	121,7	1,0	528,1	87,5	26,5
Podhale	978	127,0	129,8	543,4	330,7	212,1	0,7	313,3	121,6	68,7
Beskid Sądecki	986	98,2	99,6	367,6	201,1	152,5	14,1	551,3	67,1	10,8
Beskid Wyspowy	1076	138,2	128,4	569,0	381,4	137,6	51,9	418,8	88,2	48,0
Bieszczady Wysokie	1099	10,7	9,7	167,8	48,2	119,6	0,1	840,4	91,2	17,6
Beskid Żywiecki	1137	123,4	108,5	470,8	354,2	110,4	5,9	588,7	78,0	42,6
Pogórze Strzyżowskie	1252	162,6	129,9	831,7	682,2	156,7	22,3	291,6	128,9	172,6
Doły Jasielsko-Sanockie	1724	340,0	197,2	1064,8	770,0	288,8	15,6	461,5	198,0	387,9
Beskid Niski	1805	95,8	53,0	695,2	369,7	320,9	4,6	996,6	113,5	113,6
Pogórze Wielickie	2223	346,9	156,0	1410,2	1058,8	273,9	77,4	553,1	260,2	318,2
Pogórze Dynowskie	2856	330,5	115,7	1677,6	1322,1	346,7	60,1	818,0	360,2	218,0

Tabela 4 . Struktura użytkowania ziemi w regionach w %

Region	Powierzchnia w km ²	Użytki rolne	Grunty orne	Łąki	Sady	Lasy	Pozostałe	A	B	Współczynnik antropopresji P
Tatry	188	31,7	11,4	20,3	0,0	46,2	22,1	0,3	1,1	0,57
Kotlina Sądecka	201	55,0	42,1	8,1	4,8	27,3	17,7	3,6	6,6	2,48
Beskid Mały	321	39,9	30,4	8,3	1,2	47,8	12,4	11,8	29,6	1,52
Brama Sieniawska	375	55,4	43,5	11,9	0,3	37,5	7,1	15,8	28,5	1,59
Beskid Śląski	399	31,9	19,3	11,4	1,1	58,2	9,9	8,2	25,6	0,93
Wyżyna Wańkowej	443	33,4	17,5	15,6	0,3	58,0	8,6	4,6	13,7	0,43
Pogórze Śląskie	589	57,0	40,8	13,7	2,5	23,4	19,5	32,5	57,0	4,43
Obniżenie Jabłonkowskie	632	45,3	33,8	10,7	0,8	43,4	11,3	9,7	21,4	1,45
Bieszczady Niskie	875	29,7	15,7	13,9	0,1	60,3	10,0	3,0	10,2	0,43
Podhale	978	55,5	33,8	21,7	0,1	32,0	12,4	7,0	12,6	1,09
Beskid Sądecki	986	37,3	20,4	15,5	1,4	55,9	6,8	1,1	2,9	0,37
Beskid Wyspowy	1076	52,9	35,5	12,8	4,8	38,9	8,2	4,5	8,4	0,92
Bieszczady Wysokie	1099	15,3	4,4	10,9	0,0	76,4	8,3	1,6	10,5	0,21
Beskid Zywiecki	1137	41,4	31,1	9,7	0,5	51,8	6,9	3,7	9,1	0,76
Pogórze Strzyżowskie	1252	66,4	54,5	12,5	1,8	23,3	10,3	13,8	20,7	2,28
Doły Jasielsko-Sanockie	1724	61,8	44,7	16,7	0,9	26,8	11,5	22,5	36,4	2,50
Beskid Niski	1805	38,5	20,5	17,8	0,3	55,2	6,3	6,3	16,3	0,47
Pogórze Wielickie	2223	63,4	47,6	12,3	3,5	24,9	11,7	14,3	22,6	2,21
Pogórze Dynowskie	2856	58,7	46,3	12,1	2,1	28,6	12,6	7,6	13,0	1,68

A – udział powierzchni zmeliorowanych w użytkach rolnych

B – udział powierzchni zmeliorowanych w gruntach ornych

trywane są w granicach jednostek administracyjnych, użytkowanie ziemi – w regionach fizycznogeograficznych i w przedziałach wysokości nad poziom morza (Guzik 1995), lasy – w jednostkach stosowanych w leśnictwie (Fabi-
janowski, Jaworski 1995). Podobne braki są w charakterystykach zlewni. Nawet tak podstawowe parametry jak procentowy udział powierzchni zalesionych w dużych zlewniach karpaccich czy karpacciego dorzecza Wi-
sły, jest podawany jako wielkość szacunkowa. Niedostatki te wynikają z pra-
cochłonności dawniej stosowanych technik, polegających na bezpośrednim
pomiarze powierzchni w obrębie regionu.

4.1. PODZIAŁ KARPAT

W literaturze znaleźć można wiele podziałów fizycznogeograficznych Karpat na mniejsze jednostki. Podstawą podziałów są najczęściej wyraźnie zaznaczone w terenie granice wynikające z rzeźby terenu, budowy geologicznej czy zupełnie jednoznaczne granice biegnące działami wodnymi różnego rzędu. Tego rodzaju granice mają charakter bliski linijnemu przebiegowi. Granice klimatyczne, geobotaniczne, hydrologiczne – to najczęściej strefy o różnej szerokości, zmienne w czasie, często zmieniające swe położenie o dziesiątki kilometrów w rocznym cyklu przyrodniczym. Każda regionalizacja zawiera w sobie element subiektywizmu w wyznaczaniu granic, a wynika to ze złożoności związków między elementami środowiska. Najczęściej wykorzystywanym podziałem Karpat jest regionalizacja wykonana przez J. Kondrackiego (1994), wielokrotnie modyfikowana w kolejnych wydaniach podręcznikowych. Podział ten nie budzi zastrzeżeń merytorycznych, jest podziałem fizycznogeograficznym, w którym autor uwzględnił wiele składowych środowiska. Mapa podziału, obejmująca obszar całej Polski wykonana jest w skali 1:1 000 000, co znacznie utrudnia poprawne odczytanie przebiegu granic w obszarze górskim. Regionalizacja Karpat znajdująca się w monografii *Karpaty Polskie* (Balon i in. 1995), ma charakter kompilacyjny o bliżej niesprecyzowanych zasadach delimitacji. Często wykorzystywany jest podział autorstwa L. Starkla (1972), przyjęty również w niniejszym opracowaniu. Jego podstawą są typy rzeźby terenu i udział typów rzeźby w regionie oraz inne składowe (ryc. 1). W takim ujęciu region nie jest więc jednolity, składać się może z wielu mniejszych jednostek o mozaikowym układzie przestrzennym co jest typowe dla Karpat. Okolicznością przemawiającą za wykorzystaniem tego podziału geomorfologicznego jest mapa w skali 1:300 000 z granicami jednostek różnego rzędu.



Ryc. 1. Podział geomorfologiczny polskich Karpat według L. Starkla (1972)
Geomorphological division of the Polish Carpathians after L. Starkel (1972)

Uwzględniono 19 regionów (w kolejności od najmniejszych do największych powierzchniowo jednostek): Tatry, Kotlina Sądecka, Beskid Mały, Brama Sieniawska, Beskid Śląski, Wyżyna Wańkowej, Pogórze Śląskie, Obniżenie Jabłonkowskie, Bieszczady Niskie, Podhale, Beskid Sądecki, Beskid Wyspowy, Bieszczady Wysokie, Beskid Żywiecki, Pogórze Strzyżowskie, Doły Jasielsko-Sanockie, Beskid Niski, Pogórze Wielickie, Pogórze Dynowskie.

Najmniejszym regionem są Tatry (188 km²), największym Pogórze Dynowskie 2856 km². Zróżnicowane wielkości jednostek podstawowych powodują pewne problemy wynikające ze skali opracowania. Średnia powierzchnia gminy w Karpatach wynosi około 86 km². Jednostek najmniejszych rzędu 200–400 km² powierzchni jest 5. Są to jednocześnie obszary gęsto zaludnione, takie jak Kotlina Sądecka czy Beskid Śląski, o znacznie większej liczbie jednostek administracyjnych. Wyjątkiem odbiegającym od przeciętnych jednostek są Tatry znajdujące się w Gminie Tatrzańskiej. Mała powierzchnia, skupienie ludności i działań gospodarczych na przedpolu Tatr powoduje, że dla tego jednego regionu bardzo trudno określić poprawne parametry. Przykładem może być gęstość zaludnienia wynosząca 155 osób/km², warunkowana liczbą mieszkańców Zakopanego. Tatry jako grupa górską są obszarem praktycznie niezamieszkałym. Włączenie Tatr do Podhala byłoby rozwiązaniem możliwym do przyjęcia, ale trudnym do zaakceptowania z uwagi na różne środowiska przyrodnicze. Bardziej korzystne jest pozostawienie tego regionu jako jednostki samodzielnej, zgodnie ze wszystkimi podziałami fizycznogeograficznymi i ostrożne interpretowanie wyników.

Na przykładzie Tatr widać, że nie jest możliwe ocenienie warunków obiegu wody w mniejszych jednostkach fizycznogeograficznych przy wykorzystaniu danych na poziomie gmin. Jest to możliwe pod warunkiem operowania danymi dla najmniejszych jednostek, jakimi są pojedyncze wsie czy sołectwa. To wymagałoby wykonania regionalizacji na mapach w skali 1:25 000 lub 1:10 000 i danych statystycznych dla pojedynczych wsi. Wydaje się, że taka praca byłaby znacznie bardziej ciekawa i użyteczna, ale na razie nie jest to jeszcze możliwe.

Wydzielenie zlewni, w obszarze objętym opracowaniem, jest sprawą prostą, gdyż przebieg działów wodnych w Karpatach nie budzi wątpliwości. Wyróżniono następujące zlewnie dużych i średnich rzek karpaccich: San, Dunajec, Wisłoka, Wisłok, Raba, Soła, Skawa, Biała, Wisła (ryc. 2). Powierzchnie podawane w tabelach i zestawieniach dotyczą powierzchni zlewni w granicach Polski. Północną granicą wymienionych zlewni jest granica



Ryc. 2. Zlewnie karpackie uwzględnione w opracowaniu
Carpathian catchments under consideration in the study

Karpat. Wyróżniono zlewnie Orawy i Strwiąża należące do zlewiska morza Czarnego. Na północnej granicy Karpat występują w wielu miejscach szczególne sytuacje. Granica jednostki przecina źródłowe części zlewni małych dopływów zasilających Wisłę. Nie można ich włączyć do dużych zlewni sąsiednich. Wyróżniono zlewnie Skawinki, Uszwicy rzędu 200–300 km² i kilka małych dopływów Wisły, które w tabelarycznych zestawieniach nazwano „Wisła P” (dopływy Wisły z obszaru Pogórza) w odróżnieniu od źródłowej części Wisły i jej kilku dopływów oznaczonych jako „Wisła B” (Wisła i jej dopływy w beskidzkiej części zlewni). Do zlewiska Odry należy także około 105 km² Karpat, wydzielonych jako odrębna jednostka.

- Przyjęty podział może budzić wątpliwości. Jak każdy podział, nie spełnia wszystkich oczekiwań. Podobnie jak w przypadku regionów problem stanowią Tatry, tak w przypadku zlewni nie można zaniechać wyróżniania zlewni czarnomorskich, czy małych dopływów Wisły.

5. STRUKTURA UŻYTKOWANIA ZIEMI I WSKAŹNIK ANTROPOPRESJI

5.1. KARPATY NA TLE POLSKI

Karpaty na tle Polski wyróżniają się odmienną strukturą użytkowania ziemi, wynikającą ze specyficznych warunków przyrodniczych i uwarunkowań ekonomicznych. Udział głównych form użytkowania ziemi we współczesnej Polsce, według J. Bańskiego (1997), jest następujący:

Polska – 100%	Karpaty – 100%
grunty orne i sady – 48,2 %	grunty orne i sady – 38,4 %
pastwiska – 13,3%	pastwiska – 8,3
lasy – 28,9%	lasy – 41,4%
inne grunty – 9,7%	inne grunty – 11,9 %

Zasadnicza różnica to znacznie mniejszy udział, o ponad 10%, gruntów ornych i sadów w Karpatach w stosunku do Polski, mniejszy o 5% udział pastwisk i o 12% większy udział powierzchni leśnych. Równie duże różnice występują w przypadku struktury użytków rolnych w Polsce i w Karpatach. Dane dla Polski zaczerpnięto z pracy J. Bańskiego (1997), a dla Karpat z pracy Cz. Guzika (1995), którą wykorzystano do obliczenia procentowego udziału poszczególnych kategorii użytków. Grunty orne w Polsce mają udział o 4% większy, łąki 6% większy niż w Karpatach, pastwiska zajmują o 9% większą powierzchnię w Karpatach, a sady, przy małym udziale w Polsce zajmują powierzchnię dwukrotnie większą.

Polska – 100%	Karpaty – 100%
grunty orne – 76,2 %	grunty orne – 72,4 %
pastwiska – 7,4%	pastwiska – 16,2
łąki – 14,9%	łąki – 8,5%
sady – 1,4%	sady – 2,8 %

Szczegółowy obraz użytkowania ziemi możemy uzyskać analizując strukturę zasiewów, także pod kątem wpływu upraw na obieg wody, a zwłaszcza na powstawanie spływu powierzchniowego. W grupie – grunty orne – w miarę jednorodny wpływ na obieg wody mają powierzchnie pod zbożami (pszenica, żyto, jęczmień, owies). Oddziaływanie uprawy ziemniaków jest wyjątkowo niekorzystne, zbliżony wpływ mają pozostałe uprawy okopowe i warzywa, których obszar w Karpatach jest niewielki. Duży udział mają koniczyna i trawy, uprawiane jako pasza dla zwierząt.

Uprawy		Karpaty	Polska
pszenica	–	6,0%	7,7%
żyto	–	2,3%	7,8%
jęczmień	–	2,0%	3,3%
owies	–	2,6%	2,0%
zboża razem	-	12,9%	20,8%
ziemniaki	–	5,0%	5,4%
koniczyna i trawy	-	10,2%	1,7%
warzywa	–	0,4%	0,9%

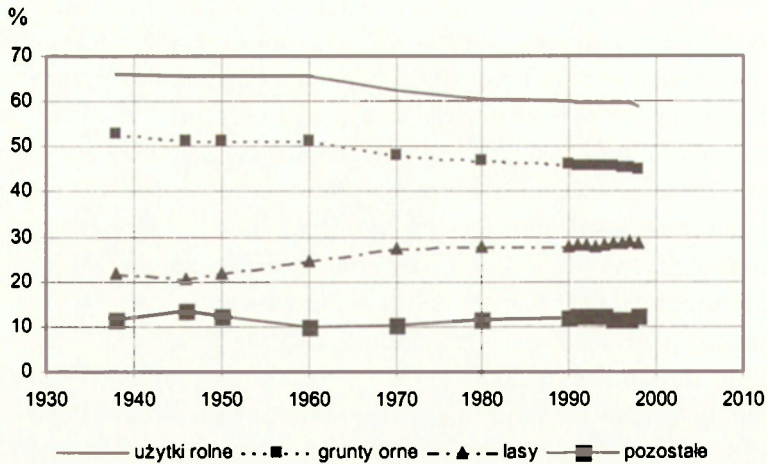
W Karpatach uprawa czterech zbóż zajmuje prawie 8% mniej powierzchni niż na obszarze Polski, co wynika z niewielkiej w Karpatach uprawy żyta. Udział upraw ziemniaków w Karpatach i w całej Polsce jest zbliżony, a udział uprawy warzyw – dwukrotnie mniejszy w Karpatach niż w Polsce. Uprawa koniczyny i traw wieloletnich, roślin o wyjątkowo korzystnych cechach z punktu widzenia obiegu wody, zajmuje w Karpatach aż 10,2%, a w całej Polsce tylko 1,7% powierzchni. Wynika to z dominacji chowu bydła. O tak dużym udziale koniczyny informuje Cz. Guzik (1995). Z badań E. Gila (1999) wynika, że koniczyna ma praktycznie taki sam wpływ na obieg wody, jak łąki i pastwiska. Przeciwerozijną i wodochronną rolę koniczyny w Beskidzie Niskim dokumentuje praca K. Klimy (2000), wykorzystująca serie doświadczeń polowych. Koniczyna i trawy zajmują 10,2% ogólnej powierzchni zasiewów i 3,3% powierzchni ogólnej Karpat. Sady karpackie, w zależności od przyjętego typu gospodarowania, to powierzchnie zadarnione lub z ugorem herbicydowym pod drzewami. Obieg wody w sadach, na łąkach i pastwiskach jest podobny, a więc można te kategorie połączyć. Próba oszacowania powierzchni pozostających pod uprawami mającymi udokumentowany, niekorzystny wpływ na obieg wody (wyrażający się głównie generowaniem spływu powierzchniowego, zmniejszeniem infiltracji i przyspieszeniem obiegu wody) daje wartość około 34% ogólnej powierzchni Karpat.

Wiele prac poświęcono analizie zależności użytkowania ziemi i obiegu wody oraz stratom erozyjnym i powstawaniu katastrofalnych wezbrań w Karpatach (m.in. Bardzik 1993; Czaja 1981; Dębski 1951; Dubrowin 1956; Fabijanowski 1980; Fabijanowski i in. 1981; Gil 1986, 1988; Kopeć, Kurek 1975; Kostuch, Kopeć 1980; Kurek 1969, 1971; Kurek, Pawlik-Dobrowolski 1993a,b, 1976; Okniński 1970; Prochał 1970; Sochoń 1951; Soja 1988, 1989, 1995a, 1999; Ziemnicki 1956), a także uwarunkowaniom społeczno-ekonomicznym, czyli konieczności zapewnienia środków utrzymania ludności wiejskiej (Jagła i in. 1983). Wszystkie prace zwracają uwagę na niekorzystną strukturę użytkowania ziemi, która kształtować się powinna następująco: grunty orne do 27%, lasy 45%, użytki zielone do 19% (Jagła i in. 1983).

Statystyki wykazują stałe zmiany w użytkowaniu ziemi w Polsce. Zmiany te mogą mieć wpływ na obieg wody, poprzez zmniejszanie lub zwiększanie powierzchni, na których występują skrajne wartości formowania się odpływu. Zmiana struktury zasiewów, np. przechodzenie z uprawy żyta na pszenicę może nie mieć znaczenia, ale przekształcenie pól uprawnych w obszary zurbanizowane czy zalesione ma już wymierny skutek. Takie założenie jest podstawą licznych opracowań o charakterze historycznym (m.in. Buczek 1960; Maruszczak 1988; Starkel 1990). W niniejszej pracy nie bada się wpływu zmian użytkowania ziemi w przekrojach czasowych, ale ważne jest umiejscowienie dzisiejszego stanu na tle aktualnych tendencji. Rycina 3 dokumentuje zmiany użytkowania ziemi w odniesieniu do całej Polski, w latach 1938–1998. Powierzchnia użytków rolnych i gruntów ornych, systematycznie od lat 60. maleje, a powierzchnia lasów wzrasta. Zagęszczenie danych dla lat 90., dla których na wykresie zaznaczono dane roczne, wskazuje na wahania nie zmieniające ogólnej, długoletniej tendencji. Można raczej oczekiwać wzrostu tempa zmian. J. Bański (1997) dokumentuje zmiany w strukturze użytkowania ziemi w całej Polsce w ciągu ostatnich 50 lat. Stwierdza m.in., że od 1950 do 1990 roku powierzchnia użytków rolnych zmniejszyła się o 6%, a równocześnie zwiększyła się głównie powierzchnia lasów i obszarów zurbanizowanych. Procesy te mają charakter ewolucyjny, zachodzą powoli pod wpływem zmieniających się czynników ekonomicznych. W przeszłości dominowały zmiany o charakterze skokowym, wywołane migracjami ludności po drugiej wojnie światowej. W krótszych okresach zmiany są również widoczne. W latach 1988–1996 zmniejszyła się powierzchnia łąk i o taką samą wartość wzrosła powierzchnia pastwisk, co zapewne nie miało zauważalnych skutków w skali całego państwa. W tym samym czasie J. Bański (1997) wykazuje stałe, dla Polski, tendencje niewielkiego zmniejszania się powierzchni gruntów ornych, powiększania się powierzchni zalesionych i zajętych przez użytki zielone. W Karpatach zmiany te były podobne.

Obszary wodne zajmują w polskich Karpatach około 1,6% powierzchni. Znaczącą pozycję stanowią zbiorniki retencyjne, których powierzchnia wynosi około 98 km², czyli około 1/3 ogólnej powierzchni wodnej w Karpatach. Realizacja każdego kolejnego zbiornika powiększa skokowo udział powierzchni wodnych.

Omawiając antropogeniczne uwarunkowania obiegu wody zachowano w pracy zasadę równoległego przedstawiania stanu środowiska w zlewniach i w regionach. Materiał podstawowy zawarty jest w tabelach ilustrowanych wykresami i diagramami. W tekście zwracano uwagę na prawidłowości i skrajne wartości, wpływające na obieg wody.



Ryc. 3. Struktura użytkowania ziemi w Polsce w latach 1938–1998
Structure of land use in Poland during 1938–1998

Wpływ użytkowania ziemi na obieg wody jest przedmiotem szczególnych studiów, wykonywanych na polstkach doświadczalnych małych zlewni. Otrzymywane wyniki są jednoznaczne w wymiarze jakościowym i rozbieżne w zakresie ilościowym. Punktem wyjścia do studiów nad użytkowaniem ziemi jest, w każdym przypadku, podział na obszary mniej i bardziej przekształcone przez człowieka. Za obszary o warunkach obiegu wody zbliżonych do naturalnych uznawane są obszary leśne, bez względu na stopień ingerencji człowieka. Podejście to jest słuszne, ponieważ w każdym przypadku obszar zalesiony, nawet intensywnie eksploatowany, z gęstą siecią dróg leśnych, ma zawsze krańcowo różne warunki transformacji opadu w odpływ, dzięki ochronnej roli szaty roślinnej i ściółki.

Zasadniczym czynnikiem różnicującym obszary o odmiennej szacie roślinnej w warunkach klimatycznych Polski jest stałość szaty roślinnej w cyklu rocznym. Lasy szpilkowe, które w rocznym cyklu nie zmieniają praktycznie pokrycia, tworzą stałe warunki transformacji opadu w odpływ. Lasy liściaste mają dwa wyraźnie odmienne okresy, co pokrywa się z cyklem klimatycznym letnim i zimowym, nieco przesuniętym w czasie pojawiania się liści.

W obszarach zagospodarowanych przez człowieka trwałość szaty roślinnej praktycznie nie istnieje. Na polach uprawnych zmienność szaty roślinnej, jej trwałość i wymiar przestrzenny regulowane są przez człowieka. Warunki najbardziej zbliżone do leśnych panują na użytkach zielonych, w sadach i na nieużytkach.

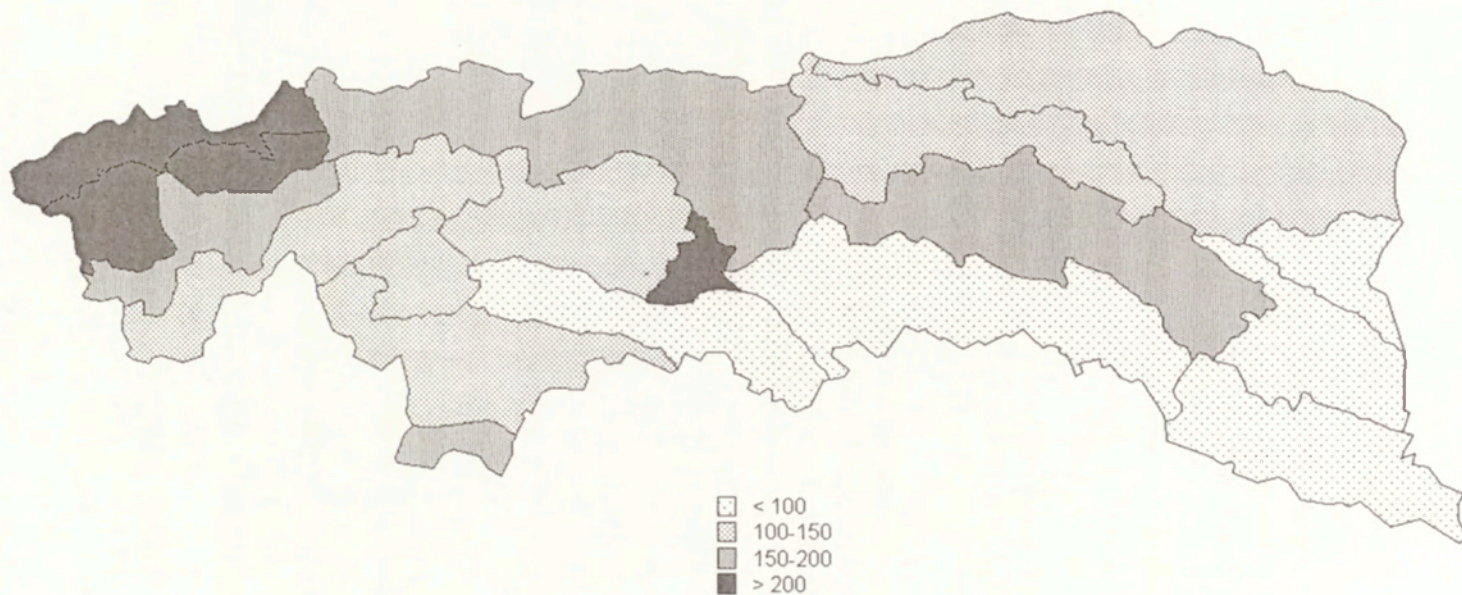
5.2. GĘSTOŚĆ ZALUDNIENIA

Liczba ludności w Karpatach, w przyjętym podziale jednostek administracyjnych należących tylko częściowo do Karpat, jest trudna do ustalenia. Wynika to ze skali opracowania, w którym niewielkie nawet przesunięcie granicy Karpat w kierunku północnym skutkuje gwałtownym wzrostem liczby ludności. Na progu Karpat leży kilka dużych miast, z których największe to Kraków, Rzeszów, Tarnów, Przemyśl, Dębica, Bochnia. Proporcjonalny podział niepełnych jednostek administracyjnych w tym jedynym przypadku jest niedostateczny. Jako liczbę ludności Karpat przyjęto 2 500 000 osób. Średnia gęstość zaludnienia wynosi 130 osób/km².

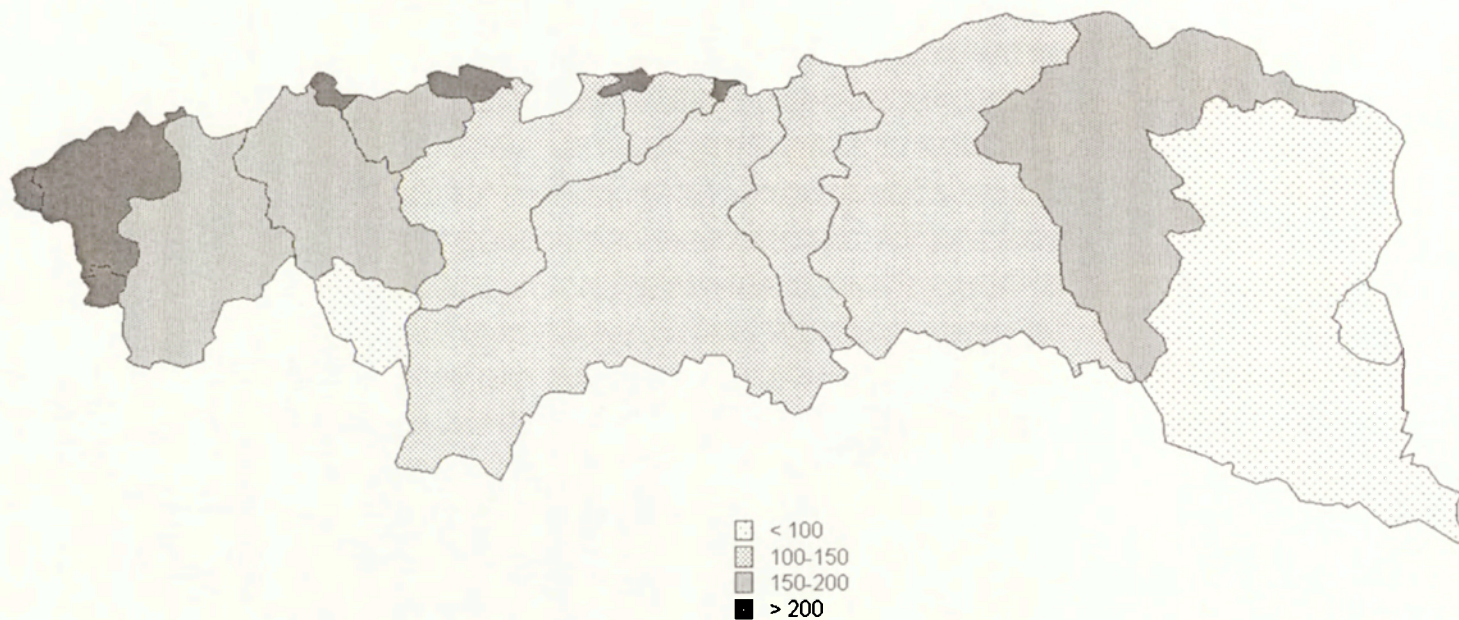
Różna wielkość regionów czy zlewni utrudnia bezpośrednie porównanie liczby ludności. Największą liczbę ludności, powyżej 300 000, mają: Pogórze Śląskie, Pogórze Dynowskie, Pogórze Wielickie i Doły Jasielsko-Sanockie. Te cztery regiony zamieszkuje 53% ludności Karpat. W grupie regionów o liczbie ludności mieszczącej się w przedziale 120–150 tys. mieszczą się Obniżenie Jabłonkowskie, Beskid Wyspowy, Pogórze Strzyżowskie, Beskid Żywiecki i Podhale; mieszka tu 27% ludności Karpat. W dziewięciu regionach mieszka więc 80% ludności Karpat. Najniższą liczbę ludności mają Bieszczady Wysokie – nieco ponad 10 000, a znacznie mniejszą Wyżynę Wańkowej zamieszkuje około 12 000 osób.

Podobnie nierównomiernie rozmieszczona jest ludność w zlewniach. Największą liczbę ludności ma zlewnia Dunajca, natomiast znacznie mniejszą – zlewnie Wisłoka i Wisłoki. Bardzo duża jest liczba ludności w zlewni górnej Wisły, a zlewnia Sanu, największa powierzchniowo w całych Karpatach, zajmuje dopiero 10 pozycję.

Znacznie lepszym miernikiem pokazującym skalę antropopresji jest wskaźnik „gęstość zaludnienia”. Przy średniej gęstości rzędu 130 osób/km² (wartość nieco wyższa od średniej krajowej) obserwujemy bardzo duże kontrasty, zarówno w regionach (ryc. 4), jak i w zlewniach (ryc. 5). Rozpiętość wynosi od 10 do 532 osób/km². Przy takiej samej gęstości zaludnienia jak w zlewniach wyróżniają się regiony we wschodniej części Karpat, obejmujące Bieszczady, gdzie gęstość zaludnienia wynosi tylko 10 osób/km² i Wyżynę Wańkowej o gęstości zaludnienia – 26 osób/km². W tych regionach osadnictwo ma charakter skupiony, ograniczony głównie do den dolin, z nielicznymi wsiami. Najwyższa gęstość zaludnienia, rzędu 500 osób/km², zaznacza się na Pogórzu Śląskim i w Kotlinie Sądeckiej – są to dwa regiony zdecydowanie wyróżniające się z w całych Karpatach. Obszary pogórskie i Doły Jasielsko-Sanockie mają gęstość mieszczącą się w przedziale 100–200 osób/km².



Ryc. 4. Gęstość zaludnienia w regionach (osób/km²)
Population density in particular region (number of persons/km²)



Ryc. 5. Gęstość zaludnienia w zlewniach (osób/km²)
 Population density in catchments (number of persons/km²)

Do tej grupy należą dwa regiony beskidzkie: Beskid Mały i Śląski, o najwyższej gęstości zaludnienia.

W karpackich zlewniach gęstość zaludnienia mieści się w przedziale 51–423 osoby/km², w zlewni Sanu średnia gęstość zaludnienia wynosi 51 osób/km², a w zlewni Dunajca aż 143 osoby/km². Zbliżoną gęstość mają duże zlewnie, Białej, Wisłoka, Wisłoki, Raby, Skawy i Soły – 120–180 osób/km². Wyróżniają się mniejsze zlewnie, Wisły, Odry, małych dopływów Wisły w zachodniej części Karpat, które są jednocześnie zlewniami najbardziej zurbanizowanymi. Kilka małych miast ma w swych granicach bardzo duże obszary wiejskie. Miasta te *de facto* mają jednak typowo rolniczy lub turystyczno-rolniczy charakter (np. Szczawnica, Wisła). Wisła ma około 11 tys. ludności i 110 km² powierzchni, a więc powierzchnią prawie dorównuje Bielsku-Białej z 180 tys. ludności. W Szczawnicy zajmującej 88 km², z 7000 mieszkańców, większość tej gminy to mieszkańcy wsi.

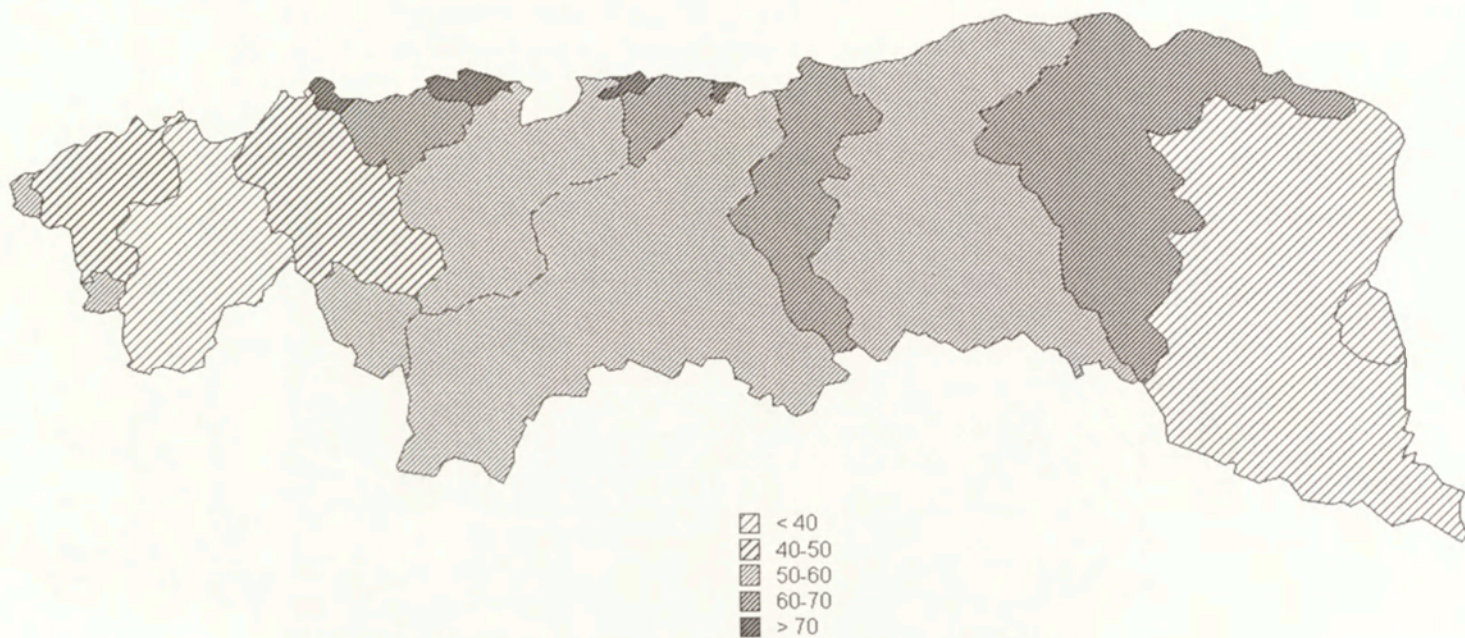
5.3. UŻYTKI ROLNE

Do użytków rolnych należą: grunty orne, sady i ogrody oraz łąki i pastwiska. Użytki rolne zajmują 49% ogólnej powierzchni Karpat, a ich udział w poszczególnych regionach waha się od 15 do 66% powierzchni. W Bieszczadach Wysokich użytki rolne zajmują tylko 15,3%, jest to wartość najniższa. W grupie regionów, w których użytki rolne zajmują 30–40%, występuje bardzo duże zróżnicowanie (ryc. 6). Mieszczą się w tej grupie Bieszczady Niskie, Beskid Śląski, Wyżyna Wańkowej, Beskid Niski, Sądecki i Mały, a więc regiony o zupełnie odmiennych warunkach środowiskowych i historii. Podobnym udziałem użytków rolnych odznaczają się: Beskid Żywiecki, Obniżenie Jabłonkowskie i Beskid Wyspowy. W trzech regionach: Doły Jasielsko-Sanockie, Pogórze Wielickie, Pogórze Strzyżowskie użytki rolne osiągają ponad 66% powierzchni. Można ten zbiór podzielić także nieco inaczej. Obszary beskidzkie mieszczą się w pierwszej połowie zbioru o udziale 15–53%, a obszary pogórskie i kotliny powyżej tej wartości, co jest dokładnym odbiciem warunków naturalnych decydujących o możliwościach uprawy.

Przestrzenne zróżnicowanie udziału użytków rolnych według zlewni (ryc. 7) przedstawia się następująco. Najniższy udział użytków rolnych występuje w największej karpackiej zlewni Sanu i wynosi 32,7%. Zlewnia Dunajca znajduje się dokładnie na poziomie średniej dla Karpat – 49%. Zwracają uwagę zlewnie Wisłoka i Białej o udziale rzędu 62–64%. Małe dopływy Wisły na północnej krawędzi Karpat mają nawet do 73% powierzchni zajętych przez użytki rolne.



Ryc. 6. Udział użytków rolnych w powierzchni regionów w procentach
 Agricultural land as a percentage of total area of region



Ryc. 7. Udział użytków rolnych w powierzchni zlewni w procentach
Arable land as a percentage of total catchment area

5.4. GRUNTY ORNE

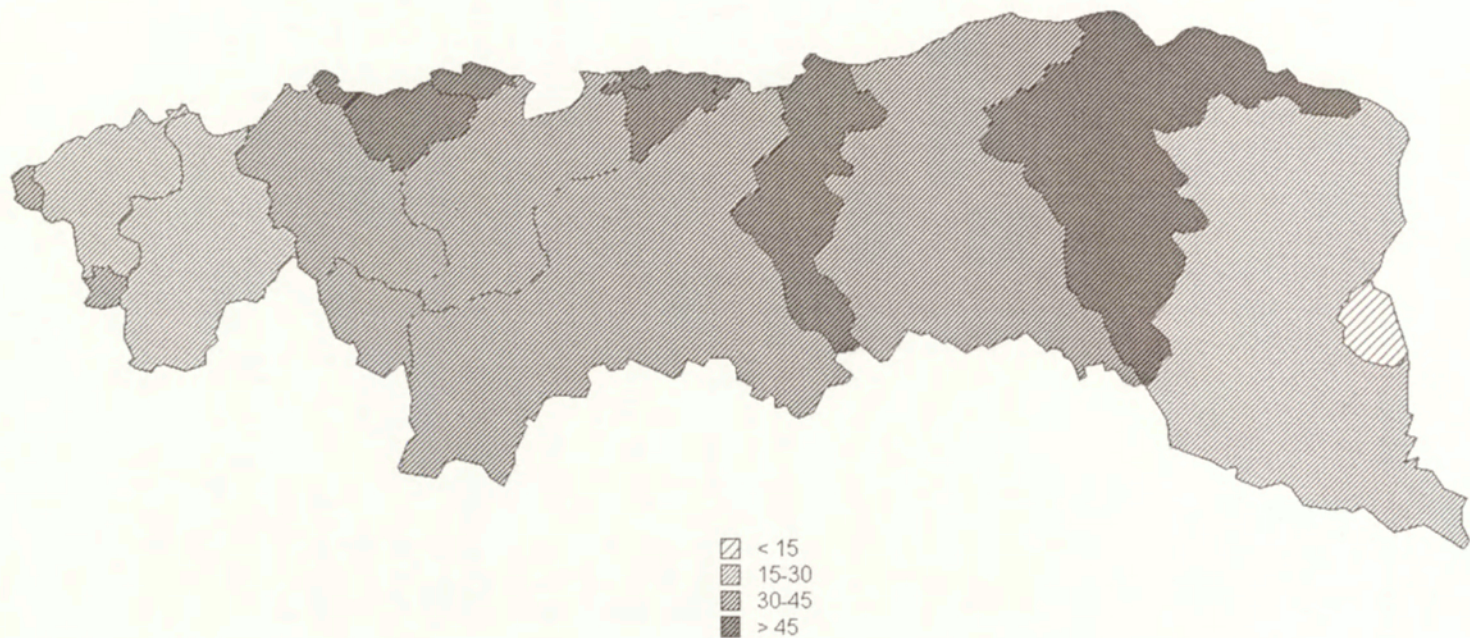
Rozmieszczenie gruntów ornych w Karpatach nawiązuje do rzeźby terenu i warunków klimatycznych. Współczesne rozmieszczenie gruntów ornych jest wynikiem wzajemnego oddziaływania warunków przyrodniczych i ekonomicznych. Dzisiejsza struktura użytkowania ziemi na Pogórzu ukształtowała się już w wiekach XVI i XVII, na co wskazują liczne dokumenty historyczne (Pietrzak 1995a, b; Podraza 1981). Od tego czasu, nie odnotowano większych zmian. W obszarze pogórskim grunty orne zajmują praktycznie każdy teren i nie ma tutaj większego zróżnicowania, natomiast w Beskidach występowały do wysokości 1000 m npm. Do lat siedemdziesiątych XIX wieku powszechny był głód ziemi, wyrażający się zajmowaniem pod uprawę każdego, nadającego się do tego celu skrawka. Po zniesieniu obowiązkowych dostaw płodów rolnych w latach 70. rozpoczęło się odchodzenie od użytkowania gruntów ornych położonych w szczególnie niekorzystnych warunkach środowiskowych.

Grunty orne zajmują w Karpatach 35% powierzchni. Ta kategoria użytkowania najmocniej wpływa na przyspieszenie obiegu wody. Przestrzenne zróżnicowanie udziału gruntów ornych w powierzchni regionów (ryc. 8) w dużej mierze pokrywa się z omówionym wcześniej rozkładem użytków rolnych. W regionach beskidzkich ich udział jest niższy od średniej dla całych Karpat, z wyjątkiem Beskidu Wyspowego, w którym zajmują 35,5%. W Bieszczadach Wysokich grunty orne zajmują tylko 4,4%, co zupełnie nie pokrywa się z przeszłością. Największy udział gruntów ornych ze wszystkich regionów wykazuje Pogórze Strzyżowskie – 54,5%. Na Pogórzu Wielickim grunty orne zajmują około 48%, na Pogórzu Dynowskim 46%, w Dołach Jasielsko-Sanockich 45%, w Bramie Sieniawskiej 43,5%, w Kotlinie Sądeckiej 42%.

Przestrzenne zróżnicowanie udziału gruntów ornych ilustruje rycina 9. Średnia tego udziału dla całych Karpat wynosi 35%, mamy więc do czynienia z charakterystycznym zróżnicowaniem przestrzennym. Poniżej średniej znajdują się największe karpaccie zlewnie Sanu i Dunajca oraz Soły i Wisły, a powyżej Wisłoki, Skawy, Raby Białej i Wisłoka. Tak jak w poprzedniej kategorii, największy udział gruntów ornych mają małe zlewnie na progu Karpat. Trzy duże zlewnie: Dunajca, Wisłoka i Wisłoki mają w liczbach bezwzględnych zbliżoną powierzchnię gruntów ornych, rzędu 1120 km². Zlewnie Wisłoka i Wisłoki tworzą razem największy w Karpatach obszar zwartego występowania gruntów ornych.



Ryc. 8. Udział gruntów ornych w powierzchni regionów w procentach
Arable land as a percentage of total area of region



Ryc. 9. Udział gruntów ornych w powierzchni zlewni w procentach
 Arable lands as a percentage of total catchment area

5.5. UŻYTKI ZIELONE

Użytki zielone, do których zaliczane są łąki i pastwiska, zajmują w Karpatach średnio 14% powierzchni. W przeciwieństwie do gruntów ornych, użytki te różnią się rozmieszczeniem w regionalnym układzie. Wśród regionów o niskim udziale użytków zielonych jest gęsto zaludniony Beskid Mały, Beskid Żywiecki, Kotlina Sądecka, a wśród regionów o najwyższym udziale (ponad 20%) – Tatry i Podhale. Stosunkowo małym udziałem użytków zielonych cechują się Bieszczady Wysokie – tylko 10,9%, ale już Bieszczady Niskie mają 13,9%. Na tym tle bardzo korzystną pozycję zajmują Doły Jasielsko-Sanockie, mające 16,7% użytków zielonych. Wyższe wartości mają jedynie Beskid Niski, Tatry i Podhale. Stosunkowo duży udział użytków zielonych w Dołach Jasielsko-Sanockich wynika ze specyficznego typu gospodarowania chłoporobotników, nastawionych na hodowlę bydła.

Zabiegi agrotechniczne prowadzone w sadach mają na celu wzrost infiltracji w glebę, a układ przestrzenny rzędów drzew i dróg w nowoczesnych sadach projektowany jest pod kątem zatrzymania maksymalnie dużej ilości wody w pokrywie glebowej. Sady w Karpatach zajmują najczęściej stoki, ponad strefą częstych inwersji termicznych obejmujących dna dolin. Za wydzieleniem sadów jako oddzielnej kategorii przemawia ich znaczący udział w niektórych regionach Karpat. W Beskidzie Wyspowym i w Kotlinie Sądeckiej sady zajmują 4,8% powierzchni, na Pogórzu Wielickim 3,5%, a na Pogórzu Śląskim 2,5%. Charakter oddziaływania sadów i użytków zielonych jest zbliżony pod względem obiegu wody (ryc. 10).

Udział użytków zielonych w zlewniach przedstawia się następująco. Ich najniższy procentowy udział jest w zlewni Skawy – tylko 8,5%. W dużych zlewniach karpackich, Sanu i Dunajca, udział ten zbliżony jest do średniej karpackiej, czyli około 14%. Wyróżnia się mała zlewnia Strwiąża, ale w pozostałych zlewniach odchylenie od średniej wartości 14% jest niewielkie, rzędu 3–4%. Sady w karpackich zlewniach mają znaczący udział tylko w zlewni Dunajca, gdzie stanowią 2,5% powierzchni zlewni (w wartościach bezwzględnych jest to prawie 9000 ha). Po połączeniu dwu kategorii: użytki zielone i sady wzrastają udziały we wszystkich zlewniach, z tym że zasadniczy układ nie zostaje zmieniony (ryc. 11).



Ryc. 10. Udział łąk i sadów w powierzchni regionów w procentach
 Permanent grasslands as a percentage of total area of region



Ryc. 11. Udział użytków zielonych i sadów w powierzchni ogólnej zlewni
Percentage share of permanent grasslands and orchards in total catchment areas

5.6. LASY

Lasy zajmują średnio 40% powierzchni Karpat. Z hydrologicznego punktu widzenia lasy – to obok gruntów ornych – najważniejsza kategoria użytkowania ziemi. Regionalne rozmieszczenie lasów w Karpatach jest wynikiem wielowiekowego wpływu człowieka, powodowanego dramatycznym głodem ziemi w XVIII i XIX wieku. Dzisiejszy stan lasów w Karpatach jest daleko niewystarczający pod względem zasięgu przestrzennego, wieku i składu gatunkowego. Najniższy udział lasów, tylko 23,3%, ma Pogórze Strzyżowskie, które wraz z Pogórzem Śląskim i Wielickim tworzy grupę trzech regionów o najniższym udziale powierzchni leśnych (ryc. 12). Dodatkowym czynnikiem obniżającym zdecydowanie wartość lasów pogórskich jako regulatora obiegu wody, jest rozczłonkowanie lasów na małe fragmenty, zajmujące obszary nieprzydatne dla rolnictwa. Jedyne większe, zwarte obszary leśne na pogórzach przetrwały do 1945 roku w postaci lasów wielkiej własności. Tuż za pogórzami znajdują się Doły Jasielsko-Sanockie, które są praktycznie bezleśne w swej środkowej części, a powierzchnie leśne w tym regionie obejmują tylko wyżej położone obszary. Najbardziej zalesionymi regionami wschodniej części Karpat są Bieszczady Wysokie – 76,4%, Bieszczady Niskie – 60,3%, Wyżyna Wańkowej – 58%, a w zachodniej części Beskid Śląski z udziałem 58% powierzchni zalesionej. W grupie regionów do 40% mieszczą się wszystkie regiony pogórskie z Beskidem Wyspowym i Bramą Sieniawską. Powyżej 40% nie ma ani jednego regionu pogórskiego.

Zlewniami zalesionymi w niewielkim stopniu (ryc. 13) są zlewnie małych dopływów Wisły, a także rzeki Wisłok, z udziałem jedynie 24,2% obszarów leśnych. Lasy w zlewni Wisłoka skupione są w jego południowej, źródłowej części, a poniżej Beska praktycznie brak zwartych obszarów leśnych. Równie mały udział lasów jest w zlewni Białej, która ma podobny układ sieci rzecznej jak Wisłok. W zlewni Białej obszar zalesiony obejmuje tylko jej wąską, źródłową część w Beskidzie Niskim, a obszar pogórski jest prawie bezleśny. Zlewnia Dunajca mieści się dokładnie w średniej zalesienia dla Karpat, która wynosi około 40%. Powyżej tej średniej znajdują się tylko zlewnie Skawy, Soły, Sanu i mała zlewnia Strwiąża. Wyróżnia się zlewnia Sanu, w której ponad 2200 km² – to obszary leśne. Pod względem lesistości występuje wyraźna dwudzielność. Zlewnie zachodnie i wschodnie mają dużą lesistość, a w środkowej części Karpat znajdują się zlewnie o małym lub bardzo małym udziale powierzchni zalesionych.



Ryc. 12. Udział lasów w powierzchni regionów w procentach
Forests as a percentage of total area of region



Ryc. 13. Udział lasów w powierzchni w zlewni w procentach
Forests as a percentage of total catchment area

5.7. UŻYTKI RÓŻNE

W skład tej kategorii użytków (określonych w tabelach 1–4 jako „pozostałe”) wchodzi obszary zurbanizowane, tereny zajęte pod komunikację, powierzchnie wodne, nieużytki, w tym również nieużytki antropogenicznego pochodzenia. Udział kategorii „użytki różne” w całych Karpatach wynosi 10% (ryc. 14). Cechą wspólną prawie wszystkich wymienionych wyżej form użytkowania ziemi jest wysoki lub bardzo wysoki współczynnik odpływu: dla powierzchni wodnych wynosi on 1,0, a dla obszarów zurbanizowanych około 0,7–0,9. Równie wysoki współczynnik odpływu mają tereny komunikacyjne i większość nierekultywowanych nieużytków antropogenicznego pochodzenia. Powierzchnie skalne mają wysoki współczynnik odpływu, z tym że ich występowanie ograniczone jest do Tatr. W tym najmniejszym powierzchniowo regionie kategoria „pozostałe” zajmuje aż 22% powierzchni ogólnej, na co składają się powierzchnie skalne i obszar zurbanizowany miasta Zakopane. Nieco niższy udział, 19,5%, ma kategoria „pozostałe” na Pogórzu Śląskim, obszarze silnie uprzemysłowionym i zurbanizowanym, gęsto zaludnionym. Regiony o wartości zbliżonej do średniej karpackiej, czyli około 10%, zajmują ponad 50% powierzchni Karpat, a najniższy udział kategorii „pozostałe” ma Beskid Niski i jest to 6,3%.

Przestrzenne zróżnicowanie użytków różnych (pozostałe), w Karpatach w układzie zlewniowym, jest niewielkie (ryc. 15). Wszystkie duże zlewnie mieszczą się w przedziale 8–12%, przy średniej karpackiej 10%. Wyjątek stanowi zlewnia Wisły (Wisła B) mająca najwyższy udział, aż 16,6%.

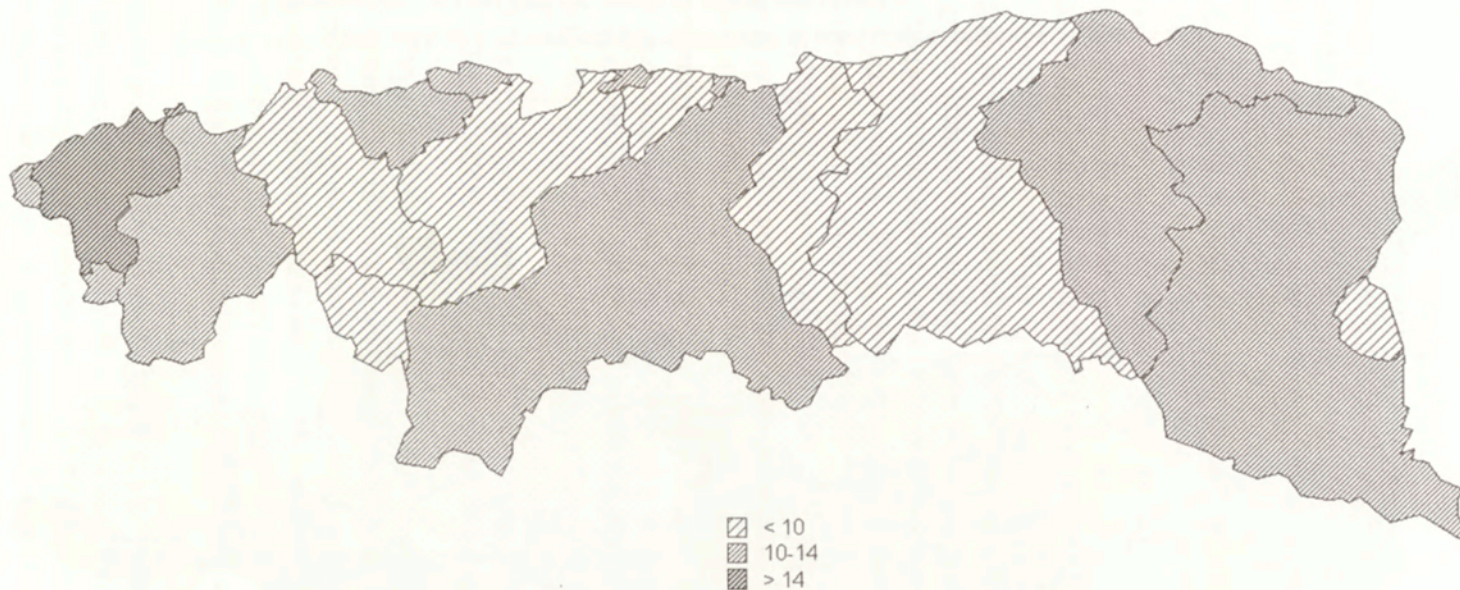
5.8. OBSZARY ZMELIOROWANE I ZNACZENIE MELIORACJI W PRZEKSZTAŁCENIU OBIEGU WODY W KARPATACH

Powierzchnia obszarów zmeliorowanych w Karpatach wynosi 10% powierzchni ogółem i jest równa kategorii określanej jako „pozostałe”, zbliżona do powierzchni łąk, czy do udziału obszarów zajętych przez uprawę koniczyny i traw. Za obszary zmeliorowane należy uznać, zgodnie z praktyką przyjętą w służbach melioracyjnych, obszary ze sprawnym systemem odprowadzania wody, jako że w Karpatach mamy do czynienia wyłącznie z melioracjami odwadniającymi.

W kręgach przyrodników powszechny jest pogląd o zdecydowanie negatywnym wpływie melioracji wodnych na obieg wody. Uzasadnienie takiego stanowiska jest stosunkowo proste, wystarczy przywołać błędne rozwiązania przyrodnicze i techniczne w rejonie kanału Wieprz–Krzna, odwodnienie zatorfionych dolin we wschodniej Polsce, czy osuszenie dużych obszarów



Ryc.14. Udział pozostałych kategorii użytkowania ziemi w powierzchni regionów w procentach
 Percentage share of other land use categories in total area of region



Ryc. 15. Udział pozostałych kategorii użytkowania ziemi w ogólnej powierzchni zlewni
Percentage share of other land use categories in total catchment area

w Kotlinie Sandomierskiej. Negatywne oceny skutków prac melioracyjnych z obszaru Polski środkowej i północnej przenoszone są na Karpaty, w których środowisko i charakter wykonanych prac odwodnieniowych jest zupełnie inny niż w pozostałej części Polski.

Warunki przyrodnicze Karpat, głównie wysokie opady i rzeźba terenu (Bac 1965; Figura 1953, 1965a,b; Starkel 1972) powodują, że jest to obszar o największym w Polsce odpływie. Występuje tutaj mozaikowy układ obszarów nadmiernie wilgotnych i obszarów o niedoborach wody. Niestabilne stosunki klimatyczne powodują, że w latach o wysokich opadach mamy na dużych obszarach nadmiar wody, a w czasie susz obszary, na których występuje nadmiar wody są ograniczone praktycznie do punktów (obszary źródliskowe, młaki stokowe, dna dolin o utrudnionym odpływie itp.) Te niewielkie powierzchnie, nie mające znaczenia ekonomicznego, decydują jednak o bioróżnorodności i georóżnorodności regionu, elementach zupełnie pomijanych w przeszłości przy planowaniu i realizacji inwestycji melioracyjnych. Inwentaryzacja kartograficzna zjawisk wodnych w Karpatach (np. mapa hydrograficzna 1:50 000 wydawana przez GUGiK) uwzględnia głównie wiernopowierzchniowe sygnatury, czyli odzwierciedlane mogą być obszary podmokłe mieszczące się w skali mapy. Jednoznaczne wskazanie powierzchni trwale wilgotnych i wymagających odwodnienia możliwe jest w skali 1:10 000, rzadziej 1:25 000, na której 1 cm² powierzchni obrazuje ponad 6 ha w terenie.

W Karpatach, obszarze o gęstym zaludnieniu, zawsze występował niedobór ziemi uprawnej. Powodowało to konieczność wykonywania zabiegów melioracyjnych, m.in. w celu zamiany wilgotnych użytków zielonych na pola orne. Prace te, prowadzone z różnym natężeniem do 1990 roku, zostały praktycznie zaniechane w ostatnich latach, wraz z likwidacją prymatu produkcji rolnej nad ekologicznym podejściem do środowiska. Równie ważnym czynnikiem decydującym o wycofywaniu się upraw na słabych siedliskach stała się opłacalność produkcji rolnej, szybko malejąca w ostatnich latach.

Według danych S. Kurka (1991b), powierzchnia użytków wymagających poprawy stosunków wilgotnościowych poprzez odwodnienia wynosiła w Karpatach ponad 3400 km², tzn. 34,2% powierzchni całkowitej użytków rolnych i 17,4% powierzchni całkowitej Karpat. Według tego autora do 1985 roku melioracje wykonano na około 45% powierzchni, które tych zabiegów wymagały. Po przeliczeniu daje to wielkość 7,8%, czyli ponad 1500 km² całkowitej powierzchni Karpat. Tak duża powierzchnia w istotny sposób powinna modyfikować stosunki wodne całego obszaru Karpat.

Ocena ilościowego wpływu melioracji na odpływ była wielokrotnie przedmiotem studiów (m.in. Kurek 1985, 1991b), lecz nie jest to problem rozwiązany od strony metodycznej. Wyodrębnienie wpływu melioracji z wielu składowych odpływu, ma najczęściej charakter szacunków nie popartych konkretnymi wyliczeniami. Dla wielkich obiektów melioracyjnych w Polsce wschodniej czy środkowej, wykonano studia wskazujące na wzrost odpływu po wykonaniu prac melioracyjnych. W wypadku Karpat, których obiekty melioracyjne mają powierzchnię kilkunastu, rzadziej kilkuset hektarów, przy największej w kraju naturalnej zmienności klimatycznej, wyodrębnienie składowej odpływu pochodzącej z obszaru zmeliorowanego jest obciążone dużym błędem.

Dostępna literatura przedmiotu wskazuje na to, że długość odpływu siecią drenów jest uzależniona od zasobów wód. W obiektach, z których drenowane są tylko wody własne, bez wód napływających z otoczenia, odpływ drenami trwa kilkanaście dni w ciągu całego roku i ściśle nawiązuje do przebiegu opadów czy roztopów. W obiektach melioracyjnych z dopływem wód obcych, drena funkcjonują wielokrotnie dłużej, czasem nawet przez 250–300 dni w roku (Kopeć, Misztal 1981; Kopeć, Twardy 1973a,b; Kurek 1991a; Prochal i in. 1971). Znaczenie melioracji w przekształcaniu stosunków wodnych w Karpatach jest głównym tematem obszernej pracy S. Kurka *Ocena wpływu drenowania użytków rolnych na stosunki hydrologiczne zlewni karpackich na przykładzie pięciu zlewni*, Falenty 1991. Autor poddał analizie stosunki hydrologiczne pięciu karpackich zlewni, w latach 1951–1980. Były to zlewnie o powierzchni od 300 do 900 km², a udział powierzchni zdrenowanych w całkowitej powierzchni tych zlewni wynosił od 2 do 19%. 30-lecie podzielono na dwa okresy, przed i po wykonaniu zabiegów melioracyjnych, a główne wnioski zamykają się stwierdzeniem braku zależności (w kształtowaniu się odpływu) od rozmiaru i czasu wykonania prac drenarskich (s. 81). W tym miejscu pojawia się problem skali, w jakiej wykonujemy opracowanie. Zmiany odpływu obserwowano na obiektach melioracyjnych o powierzchni kilkunastu, rzadziej kilkudziesięciu hektarów (Kopeć, Misztal 1981; Kopeć, Twardy 1973a,b; Kurek 1991a,b; Prochal i in. 1971 oraz wielu innych autorów). Zmiany odpływu nie są widoczne w większych zlewniach, o powierzchni kilkuset kilometrów kwadratowych, w których wpływ drenowania maskowany jest naturalną zmiennością stosunków wodny, uwarunkowaną klimatem. Praktycznie nie ma możliwości udokumentowania wpływu melioracji na odpływ wody w wielkiej zlewni, a jednocześnie mamy pewność, że wpływ ten musi mieć miejsce. S. Kurek (1991b) wskazuje na możliwy, ale trudny do udowodnienia, wpływ melioracji w zlewniach mniejszych niż te, które były przedmiotem jego badań.

W nielicznych opracowaniach zawierających oryginalne wyniki badań, często zwracano uwagę, badając odpływ ze zdrenowanych pól, na wysokie natężenia spływów jednostkowych, znacznie przekraczające normy przewidywane przez projektodawców. S. Kurek (1991b) i inni autorzy podają spływy jednostkowe rzędu 10, a nawet 14 l/s/ha, zarejestrowane podczas letnich opadów rozlewnych czy nawalnych. Przeliczając podane wielkości na spływ jednostkowy z jednego kilometra kwadratowego zlewni, czyli na jednostkę najczęściej używaną w hydrologii do charakterystyki wielkich spływów otrzymujemy wartości rzędu 1 000–1 400 l/s/km². Spływy jednostkowe tego rzędu, w zlewniach karpaccich, występują sporadycznie i zawsze są związane z wystąpieniem spływu powierzchniowego w czasie ulew typu nawalnego lub wielkich powodzi z opadów rozlewnych (Soja 1981). Odpływ z systemów drenarskich nie obejmuje wody spływającej po powierzchni gleby, jest to wyłącznie spływ śródpokrywowy (śródoglebowy), którego mechanizm powstawania, zasięg przestrzenny i natężenie jest słabo poznane.

Badania spływu śródpokrywowego są ograniczone do jednego punktu w Karpatach, a jest nim Szymbark k./Gorlic (stacja naukowa Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN). Metody pomiarów i wyniki studiów nad spływem śródpokrywowym zawierają prace: Gil 1976, 1999; Gil, Soja 1976; Soja 1981; *Zintegrowany...* 1994. Zbliżony przebieg wykresów obrazujących relacje między opadem, spływem powierzchniowym, spływem śródpokrywowym (Gil, Soja 1976) a odpływem z obiektów drenarskich (Kopeć, Misztal 1981; Kopeć, Twardy 1973a, b; Kurek 1991b; Prochal i in. 1971) wskazują, że w czasie wysokich odpływów mamy do czynienia ze spływem śródpokrywowym, którego natężenie może być znacznie wyższe od cytowanych (Soja 1981).

Podstawowym wskaźnikiem opisującym stopień przekształcenia stosunków wodnych przez melioracje jest powierzchnia obszaru zmeliorowanego w ramach jednostki administracyjnej, zlewni, czy jednostki fizycznogeograficznej. Wielkość powierzchni zmeliorowanej w kilometrach kwadratowych, w obrębie danej jednostki regionalnej i procentowy udział powierzchni zmeliorowanych w stosunku do powierzchni ogólnej i powierzchni użytków rolnych znajdują się w tabelach 1–4. Graficznym obrazem danych liczbowych są ryciny 16, 17 przedstawiające udział obszarów zmeliorowanych w regionach oraz ryciny 18, 19 – udział obszarów zmeliorowanych w zlewniach.

Regiony o najmniejszym udziale i najmniejszej powierzchni zmeliorowanej występują w Tatrach. W ich obręb wchodzi niewielkie obszary zdrenowane w okolicy Zakopanego. W Beskidzie Sądeckim i Bieszczadach

Wysokich udział powierzchni zmeliorowanych wynosi poniżej 2%. Poniżej 5% powierzchni ogólnej jest zmeliorowane w Kotlinie Sądeckiej, na Wyżynie Wańkowej, w Bieszczadach Niskich, Beskidzie Wyspowym, i Beskidzie Żywieckim. Do grupy ze średnią karpacką – czyli 10% – zalicza się aż 13 z 19 analizowanych regionów. Powyżej tej średniej znajdują się regiony: Beskid Śląski, Brama Sieniawska, Pogórze Śląskie, Strzyżowskie i Wielickie oraz Doły Jasielsko-Sanockie. Pogórze Śląskie ma najwyższy udział sięgający 32,5% powierzchni, co nawet w skali Polski jest udziałem wysokim, nieco niższy – 22,5% mają Doły Jasielsko-Sanockie.

Przedmiotem działań melioracyjnych w Karpatach były głównie grunty użytkowane rolniczo. Już w XIX wieku prowadzono prace odwadniające na ciężkich madach, w dnach dolin, zamieniając słabe pastwiska w pola uprawne (Kędzior 1928–1934). Nie było potrzeby meliorowania obszarów zalesionych, zajmujących najczęściej środkowe i górne partie stoków, ze szkieletowymi, łatwoprzepuszczalnymi glebami. Współcześnie, obszary zalesione z rowami odwadniającymi, a także powierzchnie rolne i leśne nawadnianie systemem podsiąkowym, mają tak mały udział, że można je pominąć. Zmeliorowane grunty użytkowane rolniczo zajmują w Karpatach 19,4% powierzchni użytków rolnych. Jest to prawie dwa razy więcej, niż w odniesieniu do powierzchni całkowitej. Przestrzenny rozkład udziału zmeliorowanych gruntów użytkowanych rolniczo jest inny niż powierzchni zmeliorowanych w powierzchni całkowitej. W Beskidzie Sądeckim tylko 2,9% powierzchni użytków rolnych jest zmeliorowane. W Bieszczadach Niskich, Bieszczadach Wysokich, w Beskidzie Niskim funkcjonowały w przeszłości państwowe gospodarstwa rolne zajmujące się hodowlą. Wykonywano tam melioracje łąk i pastwisk, dzisiaj już w bardzo złym stanie technicznym, obejmujące 10–16% powierzchni użytków rolnych. Największy udział zmeliorowanych użytków rolnych ma Pogórze Śląskie (ponad 57%), pozostałe regiony zachodniej części Karpat (Beskid Śląski, Mały, Brama Sieniawska) mieszczą się między 25 a 30%. Bardzo wysoki udział gruntów rolnych zmeliorowanych jest także w Dołach Jasielsko-Sanockich – 36,4%, powyżej średniej dla Karpat plasują się także Pogórze Wielickie i Strzyżowskie.

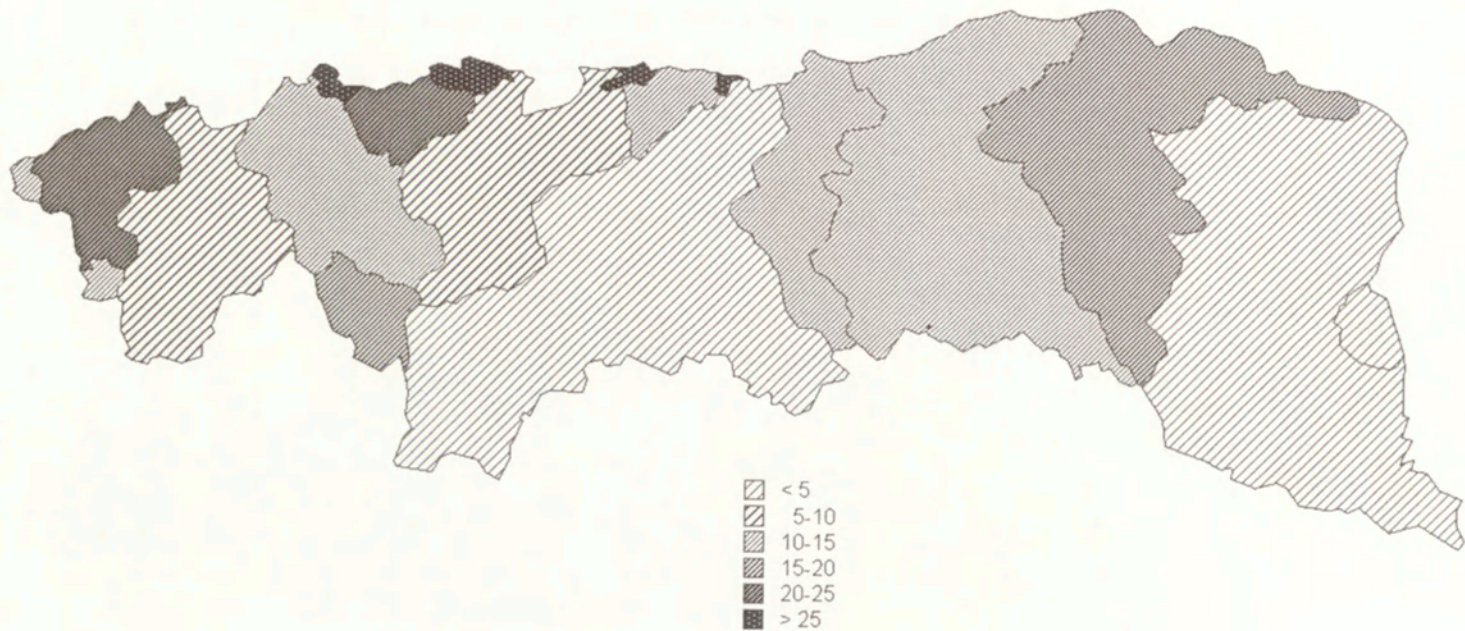
W zlewniach udział obszarów zmeliorowanych zamyka się w granicach od 3,6% (Dunajec) do 27,2% (Orawa). Największe zlewnie Sanu i Dunajca mają zmeliorowane mniej niż 4% powierzchni ogólnej, zlewnie średniej wielkości: Raby, Soły, Skawy i Białej – 9–13%. Wyróżnia się zlewnia Wisłoki o 16,6% powierzchni zmeliorowanej (380 km²), co stanowi prawie 20% wszystkich powierzchni zmeliorowanych w Karpatach. Dwie zlewnie, Wisłoka i Wisłoki, zajmują razem 38% powierzchni zmeliorowanych w Karpatach.



Ryc. 16. Udział użytków zmeliorowanych w powierzchni regionów w procentach
Reclaimed lands as a percentage of total area of region



Ryc. 17. Udział użytków zmeliorowanych w powierzchni użytków rolnych w regionach w procentach
Reclaimed lands as a percentage of total agricultural land



Ryc. 18. Udział użytków zmeliorowanych w zlewni w procentach
 Reclaimed lands as a percentage of total catchment area



Ryc. 19. Udział użytków zmeliorowanych w powierzchni użytków rolnych w zlewniach w procentach
Reclaimed lands as a percentage of agricultural land according catchment

Zlewnie położone na brzegu Karpat (Skawinka, Uszwica) mają wysokie udziały powierzchni zmeliorowanych. Są to zlewnie o powierzchniach rzędu 200–300 km², o dobrych seriach obserwacji wodowskazowych i obejmujące lata realizacji większości inwestycji melioracyjnych. Wydaje się, że w tych dwóch zlewniach widać wpływ melioracji na obieg wody w ilościowym ujęciu. Równie dobre warunki do tego rodzaju prac stwarza zlewnia Mleczy (typowo pogórski dopływ Wisłoka), znajdująca się również w północnej, brzeżnej części Karpat.

Przedstawione wyniki nie wyjaśniają jednoznacznie problemu wpływu melioracji na obieg wody w Karpatach. Dają pewne przybliżenie – na obecnym etapie badań najdokładniejsze z istniejących. Konieczne są dalsze szczegółowe studia z zastosowaniem technik pozwalających na rozpoznanie roli melioracji w kształtowaniu odpływu w dużych zespołach gruntów zmeliorowanych, położonych w obrębie małych zlewni, na obszarach położonych na pograniczu Karpat i Kotliny Sandomierskiej.

5.9. WSKAŹNIK ANTROPOPRESJI

W przestrzennych ujęciach często stosowany jest syntetyczny wskaźnik określający wpływ człowieka na środowisko. Metodyczne podstawy konstrukcji miar antropopresji i zakres ich stosowania określone zostały między innymi w opracowaniach A. S. Kostrowickiego (1992) i J. Plit (1996). Jednym z ciekawszych przykładów jest zastosowanie wskaźnika antropopresji przy wyróżnianiu i charakteryzowaniu obszarów o dużym zagrożeniu ekologicznym (Wilgat 1994). Autor ten zastosował prostą, a jednocześnie najczęściej stosowaną technikę obliczenia wskaźnika, przyjmując 5 podstawowych parametrów, a suma rang jest wielkością wskaźnika. W niniejszej pracy zastosowano podobną technikę, kierując się metodycznymi przesłankami zawartymi w pracy A. S. Kostrowickiego (1992).

Do obliczenia wskaźnika stopnia przekształcenia środowiska (antropopresji) wykorzystano dane dostępne dla wszystkich karpaccich gmin. W materiałach statystycznych odnoszących się do przekształceń stosunków wodnych jedynym parametrem, który można wykorzystać bez obaw popełnienia błędu, jest powierzchnia objęta melioracjami. Inne wskaźniki, np. długość cieków uregulowanych, długość rowów odwadniających itp., dla wielu gmin nie jest dostępna.

Procedura obliczenia wskaźnika antropopresji, uwzględniającego wpływ człowieka na obieg wody była następująca. Wskaźnik dla regionów i zlewni zagregowano z danych dotyczących gmin. Dla każdej z 258 karpaccich

gmin obliczono wartość wskaźnika wykorzystując bazę danych statystycznych. Za pomocą programu MAPINFO, stosując procedury GIS-u, takie same jak przy obliczaniu parametrów dotyczących użytkowania ziemi, obliczono wskaźniki antropopresji dla zlewni (tab. 3) i dla regionów fizycznogeograficznych (tab. 4). Przestrzenne ich rozmieszczenie pokazują ryciny 20 i 21. Wzór na obliczenie wskaźnika ma postać:

$$P = \frac{\text{powierzchnia gruntów ornych} + \text{pozostałe} + \text{obszary zmeliorowane}}{\text{powierzchnie zalesione} + \text{użytki zielone} + \text{sady}} + K$$

gdzie K – element uwzględniający gęstość zaludnienia.

Wielkość K obliczono w następujący sposób. W gminach o gęstości zaludnienia rzędu 110–140 osób/km², a więc w gminach o gęstości zaludnienia zbliżonej do średniej dla całych Karpat, wartość K wynosi zero, czyli gęstość zaludnienia nie wpływa na wynik otrzymany z obliczeń wykorzystujących użytkowanie ziemi. W gminach o gęstości zaludnienia niższej od średniej, wskaźnik ma wartość ujemną, zmniejszającą sumaryczną wartość wskaźnika antropopresji P. W gminach o gęstości zaludnienia wyższej od średniej dla Karpat, wskaźnik K ma wartość dodatnią, zwiększającą wartość wskaźnika obejmującego wszystkie elementy. Przedziały gęstości zaludnienia przyjęto, kierując się usytuowaniem „średniej” gminy karpackiej na tle całego zbioru.

Do 50 osób/km² K = -0,2

51–80 osób/km² K = -0,1

81–110 osób/km² K = -0,05

111–140 osób/km² K = 0,0

141–170 osób/km² K = 0,1

171–200 osób/km² K = 0,2

201–230 osób/km² K = 0,3

powyżej 230 osób/km² K = 0,5

Otrzymano zbiór 258 gmin o następujących parametrach: wartość maksymalna wskaźnika 40,98, wartość minimalna 0,16, średnia 2,42, odchylenie standardowe 3,42. O wartościach najwyższych wskaźnika decyduje mały udział lasów w powierzchni gminy. W kilku gminach na pogórzu, zwłaszcza w jego wschodniej części na lessowych glebach, nastąpiło praktycznie całkowite wylesienie już kilka wieków temu. Dotyczy to gmin Roźwienica – 40,98 i Żurawica – 19,66. W przypadku Rzeszowa – 10,07 (trzecia w kolejności największa wartość), jest to gmina miejska, należąca do Karpat. Wszystkie wymienione

gminy nie wchodzi w całości w obszar Karpat. Wzdłuż brzegu Karpat, na lessowych glebach ciągnie się wąski pas gmin o najwyższych wskaźnikach, co nie znajduje odzwierciedlenia w większych zlewniach i regionach. Wynika to z małej powierzchni zajmowanej przez najbardziej zmienione środowisko w stosunku do dużych jednostek. W okolicach Przemyśla i Przeworska, mamy gminy o najwyższym stopniu wskaźnika, co nie znajduje odbicia w całym Pogórzu Dynowskim. Podobnie pojedyncze gminy w rejonie wylotu z Karpat dużych rzek, Wisłoki, Dunajca i Raby, mają także ten sam układ. Najniższe z wartości współczynnika mają bieszczadzkie gminy Cisna i Czarna, odpowiednio 0,16 i 0,20 a także beskidzkie, zalesione gminy uzdrowiskowe Piwniczna – 0,20 i Ustroń – 0,28.

Zagregowane wartości wskaźnika przeniesiono na mapy regionów (ryc. 20) i zlewni (ryc. 21). Dla zlewni podstawowe parametry zbioru są następujące: wartość maksymalna – 3,92, wartość minimalna – 0,39, średnia – 1,73, odchylenie standardowe – 0,96. Najwyższe wartości wykazują małe zlewnie w zachodniej części Karpat (Skawinka), karpacka część zlewni Wisły i Odry. Wymienione zlewnie stanowią mniej niż 6% ogólnej powierzchni Karpat. Z rzek dużych najwyższą wartość ma zlewnia Wisłoka – 2,29, sąsiednia zlewnia Sanu ma wartość tylko 0,49, natomiast granicząca od zachodu z Wisłokiem zlewnia Wisłoki – 1,33. O wysokim wskaźniku antropopresji w zlewni Wisłoka decyduje m.in.: mała powierzchnia lasów, wysoki udział gruntów ornych i duże powierzchnie gruntów zmeliorowanych. Do klasy najniższej zaliczone zostały zlewnie Dunajca i Sanu, co stanowi prawie 40% powierzchni Karpat. W zlewni Sanu mamy do czynienia z dwoma zupełnie przeciwstawnymi obszarami. Górna część zlewni jest najmniej przekształcona w Karpatach, natomiast pogórska część zlewni, zwłaszcza w okolicy Przemyśla, należy do obszarów o wyjątkowo silnej antropopresji. Wszystkie inne zlewnie mieszczą się w klasie średniej, o wskaźniku – 1–2.

Dla regionów zbiór ma następujące parametry: wartość maksymalna 4,43, wartość minimalna 0,21, średnia 1,38, odchylenie standardowe 1,05. Najwyższy wskaźnik ma Pogórze Śląskie 4,43. Pogórze Wielickie, Pogórze Strzyżowskie, Doły Jasielsko-Sanockie i Kotlina Sądecka mają wskaźniki antropopresji wyższe od 2,0, o czym przede wszystkim decydują wylesienie, duży udział powierzchni zmeliorowanych i duża gęstość zaludnienia. Średnia wielkość wskaźnika, między 1,1 a 2,0 dotyczy 5 regionów. W tej grupie znajduje się Pogórze Dynowskie i regiony beskidzkie, z dużym udziałem obniżeń, den dolin i kotlin – Brama Sieniawska, Podhale, Obniżenie Jabłonkowskie. W obrębie Pogórza Dynowskiego, na mapie wskaźnika antropopresji w gminach widać wyraźną dwudzielność, która zanika na mapie regionów (ryc. 20). Pas



Ryc. 20. Wskaźnik antropopresji P w regionach
Human impact index P according regions



Ryc. 21. Wskaźnik antropopresji P w zlewniach
Human impact index P according catchment

gmin na północy, przy granicy z Kotliną Sandomierską, ma bardzo wysokie wskaźniki antropopresji (najwyższe w Karpatach), a w południowej części Pogórza Dynowskiego wskaźniki są zdecydowanie niższe. Wskaźnik antropopresji poniżej 1,0 obejmuje regiony wschodnie: Wyżynę Wańkowej, Bieszczady Niskie i Bieszczady Wysokie, Beskid Niski, Sądecki, Wyspowy, Żywiecki, Śląski i Tatry.

6. DROGI JAKO ELEMENT ANTROPOGENICZNEGO PRZEKSZTAŁCENIA ŚRODOWISKA

Proces przekształcania środowiska zawsze był zapoczątkowywany udostępnieniem obszaru za pomocą ścieżek i dróg. Z czasem rozwinęła się sieć dróg nawiązująca do tranzytowych szlaków przecinających Karpaty. Zagęszczenie sieci dróg wiązało się z akcjami osadniczymi, których nasilenie w beskidzkiej części Karpat przypada na XIV wiek, a na Pogórzu dwa wieki wcześniej.

Sieć dróg jest bardzo trwałą strukturą. W pochodzących z XVI wieku wynikach lustracji królewskich można zidentyfikować przebieg głównych traktów, który pokrywa się z drogami znaczone na mapach w XVIII i XIX wieku. Jeszcze dzisiaj w wielu wsiach Beskidu Niskiego, można wyraźnie odczytać zarys podziału przestrzeni w XIV–XV wieku, z czasów lokacji wsi, kiedy wydzielano łany poszczególnym osadnikom. Podział wsi Nowica, Leszczyny, Przysłop, Kunkowa koło Uścia Gorlickiego w dorzeczu Ropy, wyznacza sieć dróg prostopadłych do osi doliny, wychodzących na stoki. Wsie te były lokowane na prawie wołoskim, podobnie jak większość wsi w Beskidzie Niskim i w Bieszczadach. Powierzchnię rzędu jednego łana, przypadającą na pojedynczego osadnika, tworzył prostokąt o długości do 2 km i szerokości 0,4 km, obramowany drogami będącymi jednocześnie granicami. Ośią prostokąta było dno doliny, skąd wychodziły drogi na stoki. Kolejne podziały i zmiany powierzchni gospodarstw odbywały się według ustalonego schematu. Zawsze zachowywana była dostępność do ciek wodnego (dna doliny), co w sumie doprowadzało do powstania wąskich pól ograniczonych drogami. Z czasem drogi ulegały pogłębieniu, powstawały skrzynkowe wąwozy i parowy, obrzeżone drzewami i krzewami, tworzące charakterystyczny dla Beskidów krajobraz. Niektóre z zachowanych współcześnie dróg polnych pochodzą z pierwszych akcji osadniczych, a więc można byłoby określić ich wiek i tempo pogłębienia.

Kolejne podziały gruntów wynikające z dziedziczenia własności zamykały się w ramach wcześniej wyznaczonych działek i tylko sporadycznie powstawały nowe drogi. Panujący w Galicji głód ziemi nie pozwalał na wyłączenie z upraw nawet najmniejszych skrawków gruntów ornych. Zmiany w sieci dróg polnych zaczęły się wraz z wprowadzeniem mechanizacji upraw i wykorzystywaniem ciężkich maszyn rolniczych, które nie mieściły się w wąskich wciosach drogowych. Proces ten najlepiej był widoczny we wschodniej części Karpat, na obszarach połemkowskich, na których organizowano spółdzielnie rolnicze i państwowe gospodarstwa rolne. W tym samym czasie, w latach 50.,

rozpoczęło się w Karpatach przekształcanie sieci dróg gospodarczych, polnych i leśnych, wymuszane wprowadzeniem sprzętu mechanicznego w rolnictwie i leśnictwie, a we wschodniej części Karpat gospodarką wielkoobszarową.

Działania zmierzające do likwidacji gęstej sieci dróg polnych są wysoce nieskuteczne. Nawet komasacja gruntów, przeprowadzana w wielu wsiach w Karpatach, nie spowodowała zmniejszenia ich długości, o czym świadczą badania przeprowadzone we wsi Jabłonka na Orawie (Górz 1985). Gęstość dróg nie uległa zasadniczej zmianie, ponieważ szkielet sieci transportowej przetrwał z bardzo odległej przeszłości i jest optymalny dla rozdrobnionej gospodarki. Stan ten może zmienić dopiero powstanie dużych gospodarstw rolnych, co w Karpatach jest sprawą najbliższej przyszłości.

6.1. ROLA DRÓG W OBIEGU WODY

Gęstość naturalnych rozcięć erozyjnych jest ważnym czynnikiem wpływającym na odpływ wody, a pierwsze prawidłowości w tym zakresie zostały sformułowane przez Hortona ponad 70 lat temu (Dingman 1978). Od tego czasu wypracowano wiele formuł określających wielkość odpływu w zależności od gęstości sieci rzecznej (Zavoianu 1985; Van der Loeden i in. 1991). Wpływ gęstości sieci rzecznej na odpływ gruntowy w Karpatach udokumentowała I. Dynowska (1976). W analizach hydrologicznych pomijano zupełnie linie odpływu wody pochodzenia antropogenicznego, które w obszarach intensywnie zagospodarowanych wielokrotnie przewyższają naturalną gęstość sieci rzecznej. O znaczeniu dróg w obiegu wody wspominają syntetyczne opracowania (Dynowska 1988; Jankowski 1986; Wilgat 1979, 1991), brak w nich jednak jakichkolwiek odniesień ilościowych. B. Adamczyk (Adamczyk i in. 1973) sformułował hipotezę o negatywnym wpływie leśnych dróg stokowych na wegetację jodły, wskazując na zmianę warunków krążenia wody, jako jedną z przyczyn masowego zamierania tego gatunku w Karpatach. Zainteresowanie rolą dróg w obiegu wody i transporcie zwierzelin ze stoków karpackich zapoczątkowane zostało pracami J. Słupika (1976, 1986) oraz W. Froehlicha i J. Słupika (1980, 1986), którzy jako pierwsi wykonali pomiary dokumentujące natężenie spływu powierzchniowego i koncentrację zawiesiny w antropogenicznych rozcięciach, a następnie wskazali na rolę dróg we współczesnym przekształcaniu środowiska zlewni Homerki w Beskidzie Sądeckim. Skutkiem wymienionych prac jest zauważenie roli, jaką drogi pełnią w środowisku, a po zastosowaniu metod radioizotopowych wykazanie roli, jaką pełnią drogi w dostawie zawiesiny do cieków (Froehlich i in. 1993). W li-

teraturze dominują prace analityczne. Wiele uwagi poświęcono roli dróg jako sztucznych linii odwadniających w Stanach Zjednoczonych, dostrzegając negatywne oddziaływanie dróg na górskie ekosystemy leśne (Dingman 1978; Meade 1994; Reid, Dunne 1984). Katastrofalny wpływ dróg polnych dokumentują prace prowadzone w wilgotnych klimatach (m.in. Ziegler, Giambelluca 1997).

Znaczenie dróg w obiegu wody zaznacza się w kilku aspektach, z których najważniejszy w warunkach karpaccich to generowanie spływu powierzchniowego i tworzenie szczególnie korzystnych warunków odpływu ze stoków. Obserwacje terenowe dowodzą, że nawet niewielkie opady deszczu powodują powstawanie lokalnego spływu powierzchniowego na drogach, czego bezpośrednią przyczyną jest utrudniona infiltracja. Drogi, bez względu na stopień utwardzenia powierzchni i intensywność ich użytkowania mają zawsze wyższy współczynnik odpływu niż pozostałe formy użytkowania terenu. Współczynnik odpływu jest szacowany na 0,95 dla dróg o trwałej nawierzchni (beton, asfalt), do 0,90–0,75 dla dróg o nawierzchni nieutwardzonej (Radwan-Dębski 1995; Somorowska 1985). Drogi są także źródłem dostawy znacznej ilości drobnoziarnistego materiału odprowadzanego w czasie wezbrań (Froehlich, Słupik 1980, 1986), a w przypadku dróg utwardzanych żwirem, podczas ruchu ciężkich pojazdów, są miejscem produkcji drobnoziarnistego materiału splukiwanego do cieków (Reid, Dunne 1984).

Głębsze wąwozy drogowe, zwłaszcza w obszarach pogórskich, w dolnych częściach stoków, mogą funkcjonować jako ciek okresowo zasilane wodą z pokryw zwietrzelinowych, drenując w ten sposób zbiorniki pierwszego poziomu wód gruntowych w czasie ich wysokiego stanu, wiosną i jesienią. W Beskidach drogi leśne mogą funkcjonować nawet jako ciek stałe.

Drogi jako linie ułatwiające spływ były przedmiotem studiów modelowych, które potwierdziły znaczący wpływ na kształt i wielkość fal wezbrań (King, Tennyson 1984). Nie znaleziono w literaturze przykładu włączenia sieci dróg do modelowego opisu obiegu wody w zlewni.

Podobne znaczenie do dróg polnych mają w obiegu wody bruzdy, powstające corocznie w czasie zabiegów agrotechnicznych. Z pomiarów na polach ornych (Słupik 1976) wynika, że długość bruzd na jednym hektarze pola ornego osiąga do 350 m, co daje w przeliczeniu na kilometr kwadratowy około 35 km. Drenująca rola bruzd na polach ornych była znana i wykorzystywana w praktyce przez rolników. Podobną rolę spełniają koleiny, ślady kół pojazdów itp.

W modelach matematycznych dotyczących odpływu, występuje bezpośrednio lub pośrednio parametr opisujący gęstość sieci rzecznej, w którym jednostką jest km/km^2 , lub jak w modelu klimatyczno-geomorfologicznym (GIUH) elementy praw Hortona-Strahlera. Drogi polne i antropogeniczna sieć odwadniająca powinny być wprowadzane do modelu GIUH, ponieważ model ten dotyczy odpływu pochodzącego z opadów o dużym natężeniu i dużych sumach opadów, czyli takich warunków, w których drogi są częścią systemu odprowadzającego wodę ze zlewni. Sparametryzowanie wpływu dróg na szybkość odpływu lub kształt fali wezbrania w małych ciekach wymaga szczegółowych studiów eksperymentalnych. Nie wiadomo nawet, jaka jest gęstość dróg w Karpatach i czy gęstość dróg podlega regionalnemu zróżnicowaniu, czy raczej jest elementem niezależnym. Nieliczne prace dotyczące gęstości dróg w Karpatach w ich ekonomicznym aspekcie (Górka 1986; Górz 1985), pomijają zagadnienia przyrodnicze.

6.2. DOKŁADNOŚĆ OSZACOWAŃ GĘSTOŚCI DRÓG

Szczegółowe klasyfikacje użytkowania ziemi wyróżniają klasę „użytki komunikacyjne”. Do terenów określanych mianem „użytki komunikacyjne” zalicza się powierzchnie zajmowane przez linie kolejowe i drogi poza obszarami miejskimi. Są to drogi pozostające w administracji państwowej i wojewódzkiej. W Karpatach użytki komunikacyjne zajmują 2,4% powierzchni ogólnej, czyli ponad 470 km^2 . Są to nie tylko powierzchnie zajmowane przez drogi, a cały pas drogowy, w którym powierzchnie utwardzone zajmują mniej niż połowę. Nawet na poziomie gminy nie jest wiadomo, ile procent powierzchni zajmują wszystkie użytki komunikacyjne, włączając w nie także drogi polne. Jedynym sposobem określenia udziału powierzchni dróg i obliczenia podstawowego wskaźnika – gęstości dróg w jednym kilometrze kwadratowym, są bezpośrednie pomiary na mapie długości dróg, przy założeniu przeciętnej szerokości drogi.

Mapy 1:100 000, 1:50 000 zawierają drogi główne (państwowe i wojewódzkie), a także nieliczne lokalne. Mapy 1:25 000 dokumentują już drogi polne, pomijając z konieczności znaczną ich część. Na mapach szczegółowych 1:10 000 i 1:5000 sieć dróg polnych prawie się nie różni. Aby udokumentować to stwierdzenie, wykonano pomiary gęstości dróg w zlewni Bystrzanki (Beskid Niski) na mapach w skali od 1:100 000 do 1:10 000. Powierzchnia zlewni wynosi $13,6 \text{ km}^2$, użytki rolne zajmują 60%. Wyniki pomiarów zawiera poniższe zestawienie, w którym oprócz gęstości dróg, podano także procent powierzchni zajmowanej przez drogi w zlewni. Dla skali 1:10 000 przeprowadzono ponadto terenową weryfikację pomiarów kartometrycznych.

Mapy w skali 1:25 000, najczęściej użytkowane w badaniach terenowych w ostatnich 40 latach, dają dość dokładny obraz dróg polnych. W zlewni Bystrzanki wynik uzyskany na tych mapach jest tylko o 18% niższy od stanu rzeczywistego. Stan rzeczywisty nie odbiega praktycznie od obrazu znajdującego się na mapach w skali 1:10 000, co widać na poniższym zestawieniu.

Tabela 5. Gęstość dróg w zlewni Bystrzanki na mapach topograficznych

Skala mapy	Gęstość dróg w km/km ²	% powierzchni zlewni zajęty przez drogi
1:100 000	2,17	0,43
1:50 000	3,47	0,69
1:10 000 mapy obszarów leśnych	3,78	–
1:25 000	7,47	1,49
1:10 000	8,65	1,73
1:10 000 zweryfikowana w terenie	8,78	1,76
1:10 000 wartość maksymalna dla 1 km ²	22,0	4,4

Dla całej zlewni przyjęto gęstość dróg 8,78 km/km². Na mapach 1:10 000 znaleziono drogi polne, których nie ma w terenie oraz drogi, które nie zostały zaznaczone. Błędy te są podobnego rzędu i wzajemnie się znoszą. Wynik końcowy mieści w granicach dokładności pomiarów.

Sprawą dość szczególną jest sieć dróg w lasach. Obraz sieci dróg leśnych na mapach 1:10 000 jest zupełnie zafałszowany. Zaznaczone są głównie drogi tranzytowe i transportowe. Obszary zalesione lokalnie, przy brzegach lasu, w małych leśnych płatach pokryte są bardzo gęstą siecią starych, nieużywanym najczęściej dróg i ścieżek, często wydeptywanych przez zwierzęta i bez specjalnych studiów nie ma możliwości określenia ich gęstości. Wymienione braki dyskwalifikują mapy topograficzne 1:10 000 jako materiał źródłowy dla obszarów zalesionych. Do obliczeń użyto gospodarczo-przeładowych map leśnych 1:10 000, wykonywanych na podkładach topograficznych i weryfikowanych w terenie przez służby leśne. Mapy te są w dyspozycji każdego nadleśnictwa.

Pomiarami objęto 54 km² powierzchni lasów nadleśnictwa Łosie, stan na 1989 rok. Administracja lasów państwowych wyróżnia 3 rodzaje dróg leśnych: drogi o nawierzchni twardej, drogi o nawierzchni gruntowej, ścieżki i szlaki turystyczne. Pomierzono wszystkie zaznaczone drogi i ścieżki. Wybrane obszary weryfikowano w terenie, potwierdzając przydatność map leśnych. Pomiary są obciążone większym błędem niż pomiary na obszarach nieleśnych.

Największa gęstość dróg leśnych przypadająca na jeden kilometr kwadratowy wynosiła 4,78 km/km², najmniejsza zaś 2,18 km/km². Wielokrotnie otrzymano dwie skrajne wartości, zawsze w typowych położeniach. Gę-

stość zbliżoną do 5 km/km² stwierdzano w lasach prywatnych, położonych najczęściej blisko wsi. Obszarami o najmniejszej gęstości były strome stoki na piaskowcach magurskich, np. w okolicy Uścia Gorlickiego. Duże, zwarte kompleksy leśne mają gęstość dróg rzędu 3,5 km/km². Dla powierzchni zalesionych, drogą przeliczeń wyników pomiarów, otrzymano wielkość 3,8 km/km², a więc znacząco mniej niż w obszarach nieleśnych.

6.3. PRÓBA OCENY GĘSTOŚCI DRÓG W XIV–XV WIEKU

Gęstość dróg, w tym zwłaszcza dróg polnych w Polsce, jest ewenementem na skalę europejską. Jest to skutek drobnotowarowej gospodarki rolnej, rozdrobnienia ziemi i rozproszonego osadnictwa. W opracowaniach dotyczących przekształceń środowiska pokazana jest dynamika wzrostu gęstości dróg w Polsce w ujęciu historycznym (Maruszczak 1988). Istnieje możliwość w miarę dokładnego określenia wielkości początkowej gęstości dróg beskidzkich dla XIV–XV wieku, wykorzystując zapisy dotyczące liczby osadników i znając zasady nadziału ziemi. Gęstość dróg na jednym kilometrze kwadratowym pól uprawnych i pastwisk, obliczona z przeciętnego kształtu łąnu w osadnictwie na prawie wołoskim (Semkowicz za Górzem, 1985), wynosiła 3,0 km/km², natomiast wiedząc, że jedynie 30% powierzchni było użytkowane, można przyjąć gęstość dróg w XIV–XV wieku około 1,0 km/km². Przedstawiony tok rozumowania, aczkolwiek niedoskonały, daje punkt wyjścia do szacowania zmian gęstości dróg na przestrzeni wieków. O stanie dróg mamy dość dobre informacje historyczne zapisane w lustracjach królewskich z XVI w. Częściej jednak można znaleźć tam informacje o stanie dróg niż odniesienia do ich gęstości.

6.4. GĘSTOŚĆ DRÓG W ZLEWNI WISŁOKI

Zbadano gęstość dróg w zlewni Wisłoki (4110 km²), która obejmuje cztery podstawowe jednostki fizycznogeograficzne: Beskidy (obszar gór średnich), Doły Jasielsko-Sanockie, Pogórze i Kotlinę Sandomierską. Podział zlewni Wisłoki na regiony przyjęto za L. Starklem (1972). W każdym regionie wytypowano kilka arkuszy map w skali 1:10 000, ze stanem topograficznym z lat 1980–1990, na których pomierzono wszystkie drogi kołowe, linie kolejowe, drogi polne zaznaczone na mapie. Łącznie pomiary objęły ponad 15% powierzchni zlewni Wisłoki.

Średnia gęstość dróg w całej zlewni Wisłoki wynosi 5,31 km/km², co przy szerokości drogi rzędu 3 m stanowi 2,7% całej powierzchni zlewni. Gęstość dróg w zlewni, w regionalnym ujęciu, ściśle nawiązuje do gęstości zaludnienia.

Tabela 6. Gęstość dróg w zlewni Wisłoki

Region	Pow. w km ²	% pow. dróg w zlewni	km/km ² w użytkach rolnych	km/km ² w lasach	km/km ² w zlewni ogółem
Beskid Niski	1238	30	3,89	3,50	3,68
Doły Jasielsko-Sanockie	843	21	7,07	3,80	6,19
Pogórze	862	21	6,88	3,80	6,54
w tym: lessowe	136	3,3	6,80	–	6,80
Kotlina Sandomierska	1168	28	6,42	4,12	5,50

nia. Beskid Niski ma najniższą gęstość dróg. We wsiach z dominacją prywatnych gospodarstw rolnych gęstość dróg nie odbiega od wartości typowych dla Pogórza czy Dołów Jasielsko-Sanockich. W Nowicy i Kunkowej – wsiach, gdzie dość wyraźnie zachował się układ łańców leśnych z czasów lokacji wsi, a więc z przełomu XIV i XV wieku, gęstość dróg sięga nawet 10 km/km². W wymienionych wsiach nie funkcjonowały państwowe gospodarstwa rolne, co wiązało się w Beskidzie Niskim ze scalaniem pól uprawnych. O niskiej średniej dla całego Beskidu Niskiego decyduje mała gęstość dróg w obszarach leśnych. Badano szczegółowo dwie zlewnie: Bystrzanki i Bielanki. Zlewnia Bystrzanki ma typowy charakter zlewni pogórskiej, z wyjątkiem jej najwyższych partii, a cała zlewnia Bielanki należy już do Beskidu Niskiego. Gęstość dróg w zlewni Bystrzanki wynosi 8,6 km/km², a w zlewni Bielanki 6,2 km/km², co nawiązuje do gęstości zaludnienia i historii zagospodarowania tych dwu wsi.

Na Pogórzu, w Dołach i w Kotlinie gęstość dróg jest zbliżona. Nie znaleziono istotnych różnic między krawędzią pogórza o lessowym podłożu i jego pozostałą, fliszową częścią. Na Pogórzu także notowano lokalnie gęstość dróg 10–12 km/km², ale były to przypadki sporadyczne. W Dołach Jasielsko-Sanockich, które praktycznie są pozbawione większych kompleksów leśnych, gęstość dróg osiąga najwyższe wartości w całej zlewni Wisłoki, średnio 7,1 km/km². W tym też regionie notowano najwyższe wartości, przekraczające 21 km/km². Zbliżone wielkości odnotowano na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej (Niedbała, Soja 1997, 1998). Gęstość dróg rzędu 22 km/km² jest najwyższą z możliwych w obszarach rolniczych. W Kotlinie Sandomierskiej gęstość dróg jest minimalnie niższa niż na Pogórzu. W tym regionie jest duża gęstość dróg leśnych. Lasy w Kotlinie – to w większości sztuczne nasadzenia sosnowe z podziałem na kwadraty udostępnione szerokimi przecinkami, które są jednocześnie drogami. Dodatkowym elementem są liczne drogi tranzytowe i linie kolejowe zagęszczające sieć dróg lokalnego znaczenia.

6.5. GĘSTOŚĆ DRÓG A GĘSTOŚĆ SIECI RZECZNEJ

Gęstość sieci rzecznej w Karpatach, obliczana z map w skali 1:10 000, daje możliwość porównania naturalnej i antropogenicznej sieci odwadniającej. Dla małych zlewni karpackich gęstość sieci odwadniającej wynosi: Bystrzanka – 2,98 km/km², Bielanka – 3,23 km/km² (Niemirowska 1970), Jaszczce – 3,5 km/km², Jamne – 3,2 km/km² (Niemirowski, Niemirowska 1968), Stara Rzeka – 1,99 km/km² (Świąchowicz 1991), Wierzbanówka – 4,6 km/km² (Drużkowski 1998), Homerka – 2,4 km/km² w tym część beskidzka 3,0 km/km² i część pogórska 1,4 km/km² (Niedziałkowska 1981), Biała Woda – 3,15 km/km² i Czarna Woda – 2,38 km/km² (Kopeć, Kurek 1975), Poniczanka – 5,97 (Langer 1985). Według I. Dynowskiej (1976) gęstość sieci rzecznej sporadycznie przekracza 2,0 km/km²: Raba, San do Leska – 1,98 km/km², Dunajec do Nowego Targu – 1,97 km/km², Wisłok do Krosna 2,1 km/km². Podane wyniki nie są jednorodne, autorzy obliczeń stosowali różną metodykę. Za średnią wartość przyjąć można gęstość naturalnej sieci odwadniającej około 3,5 km/km² dla Karpat i blisko 2,0 km/km² dla Pogórza. Dla wyższych partii Beskidów gęstość rozcięć przekracza 5,0 km/km². Na tle naturalnej sieci odwadniającej gęstość dróg w zlewniach jest wysoka i wynosi: zlewnia Homerki w Beskidzie Sądeckim – 5,6 km/km², lokalnie nawet 11,87 km/km² (Froehlich, Słupik 1980), Bystrzanka – 8,78 km/km², gmina Bukowina Tatrzańska – 6,1 km/km², wieś Czarna Góra (Pogórze Spisko-Gubałowskie) – 5,6 km/km², gmina Rajcza (Beskid Żywiecki) – 4,9 km/km², wieś Sól (Beskid Żywiecki) – 5,3 km/km² (Górka 1986). Obliczenia wykonywano na mapach 1:25 000, a więc w świetle danych z dorzecza Wisłoki należałoby je podwyższyć o około 18%. Przyjmując za podstawę porównania wyniki otrzymane w zlewni Wisłoki: gęstość dróg na Pogórzu jest 2–3-krotnie większa niż gęstość naturalnej sieci odwadniającej, w Beskidach gęstość dróg znacząco przewyższa nawet gęstość rozcięć w źródłowych partiach zlewni. W obszarach użytkowanych rolniczo, gęstość antropogenicznej sieci odwodnienia jest 2–3 razy wyższa. Przytoczone liczby mają charakter wskaźnikowy, dowodzą jednak znaczenia wpływu dróg na obieg wody.

Regionalne zróżnicowanie gęstości dróg stwierdzone w zlewni Wisłoki można z dużym prawdopodobieństwem przenieść na Karpaty. W Beskidach gęstość dróg wynosi średnio 4,0 km/km², na Pogórzu wraz ze śródgóorskimi obniżeniami – 7,0 km/km². W Kotlinie Sandomierskiej gęstość dróg wynosi 6,4 km/km².

7. CYKLICZNOŚĆ ZJAWISK HYDROMETEOROLOGICZNYCH A WPŁYW CZŁOWIEKA NA OBIEG WODY

Materiał obserwacyjny w postaci długich serii pomiarowych zawiera wiele informacji, których ujawnienie wymaga zastosowania różnorodnych, często skomplikowanych technik. Z serii pomiarowych staramy się wydobyć ukryte informacje, opisać je i sparametryzować. Jednym z zagadnień częściej dyskutowanych jest kwestia cykliczności zjawisk hydrometeorologicznych, na których przebieg i skalę działalność człowieka nie ma znaczącego wpływu. Cykliczność występowania wielkich wezbrań, niżówek, ciepłych zim, susz hydrologicznych itp., generowana czynnikami niezależnymi od człowieka, a wynikającymi z przyrodniczych uwarunkowań, może nakładać się na zmiany odpływu pochodzenia antropogenicznego, podkreślając lub niwelując jego rolę w długich ciągach pomiarowych.

Zainteresowanie cyklicznością zjawisk hydrometeorologicznych jest zrozumiałe, jako że stale poszukujemy odpowiedzi na pytanie o przyszłość i przeszłość, dlatego znalezienie matematycznego opisu zjawiska cykliczności wydaje się być, oprócz wyznaczania liniowych trendów, jedynym kluczem do prognozowania. Najdłuższe serie pomiarowe opadów, temperatury powietrza, odpływu obejmują około 200 lat. Dłuższe są ciągi dendroklimatyczne (Krapiec 1998) i jeziornych osadów laminowanych (Boryczka i in. 1989), co stwarza możliwość wydłużenia ciągów hydrometeorologicznych. Cykliczność jest rozumiana jako zamknięcie pewnego procesu, powrót do stanu wyjściowego. Z pojęciem słowa cykliczny (zamiennie stosowane bywają pojęcia periodyczny, okresowy, rytmiczny) wiąże się jednoznacznie pojęcie „regularny”, czyli powtarzający się w ściśle określonym czasie, z uwzględnieniem pewnego błędu. Wyróżniono dziesiątki cykli w parametrach warunkujących i opisujących obieg wody. Cykle te mają różne czasy trwania, od nie budzącego wątpliwości, w umiarkowanej szerokości geograficznej, rocznego cyklu do cykli kilkumiesięcznych, kilkuletnich czy wiekowych.

W literaturze polskiej zagadnienie cykliczności w odpływie, opadach, parametrach opisujących klimat jest bardzo często poruszane. Przykładowo można wymienić prace G. Jeża i in. (1990), P. Jokiela, K. Kożuchowskiego (1989), K. Kożuchowskiego (1985), K. Kożuchowskiego, J. Wibig (1991), J. Trepiańskiej (1988). Statystyczne podejście w badaniach cykliczności prezentują prace J. Demirgendzica (1995), A. Milera (1999), H.T. Mitoska (1992, 1994, 1997), S. Węglarczyka (1989). Praca J. Stachy'ego (Stachy 1972) wskazująca na cykliczność odpływu rzek wiązaną z cyklicznością cyrkulacji atmosferycznej, praca R. Krasnodębskiego i M. Gadkowskiego (1978) opisująca

cykliczność odpływu Wisły, prace J. Boryczki (1984, 1993), J. Boryczki i współautorów (1989, 1992) jednoznacznie wiążące cykliczność w klimacie z pozycją planet. W 1995 roku ukazał się tom *Early meteorological instrumental records in Europe, methods and results*, red. B. Obrębska-Starkel, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geograficzne 95, w którym w większości artykułów poruszono zagadnienia cykliczności. J. Cyberski (1995, 1998), M. Gutry-Korycka, J. Boryczka (1993) podają obszerne spisy literatury przedmiotu, zwłaszcza w odniesieniu do cykliczności odpływu rzek środkowej i północnej Europy. Autorzy opisują cykle o różnej długości, od zbliżonych do rocznego, przez wiele cykli rzędu 3–5 lat, aż do cykli o długości 163 lat.

Działalność człowieka wpływająca na obieg wody ma w wielu przypadkach charakter cykliczny. Z dużą regularnością pojawiają się zrzuty ścieków związane z produkcją o charakterze kampanijnym (zakłady przetwórstwa rolnego, głównie cukrownie). W rocznym cyklu poborów wody dla gospodarki zaznaczają się wyraźne minima i maksima w określonych miesiącach. W wielu przypadkach człowiek potrafił całkowicie przebudować naturalny reżim odpływu, poprzez zabudowę zbiornikową, czego najlepszym przykładem jest Nil, rzeki północnej Szwecji, a nawet małe cieki alpejskie. Można przyjąć, że istniejący od dziesięcioleci rytm odpływu warunkowany pracą hydroelektrowni wymusił nieznanne w warunkach naturalnych zachowania ekosystemów, tworząc zupełnie nowe, w tym zapewne także cykliczne układy.

Cykliczność w okresach wieloletnich, generowana działalnością człowieka, może występować tylko w szczególnych przypadkach i z całą pewnością nie ma ona charakteru zjawiska o dużej regularności. Wiąże się to z ekonomiczną stroną działalności człowieka. Najczęściej wpływ człowieka jest tylko epizodem o różnej długości, po którym następuje ograniczenie lub zupełny zanik jego wpływu, a środowisko powoli dostosowuje się do nowych warunków. Takie sytuacje, od strony metodycznej, przedstawili I. Dynowska, T. Janowski i R. Soja (1985) wprowadzając termin „ewaluacja”. Antropogeniczne oddziaływania na obieg wody modyfikowane są przez cały zespół czynników, na które człowiek ma tylko częściowy wpływ. Wyjaśnienie wzajemnego związku między cyklicznością obserwowaną w seriach pomiarowych a ewentualnym wpływem człowieka jest celem poniższych rozważań, co wymaga szerokiego naświetlenia zagadnień cykliczności w hydrometeorologii.

7.1. PRZYCZYNY CYKLICZNOŚCI

Geneza i istnienie cykli wynikających z przyczyn astronomicznych nie budzi wątpliwości. Roczny cykl hydrologiczny w klimacie kontynentalnym

jest silnie zarysowany, natomiast w klimacie oceanicznym znacznie słabiej. Wynika to z mniej lub bardziej kontrastowego przebiegu temperatury i opadów. Przekaznikiem cykliczności astronomicznej, ujawniającej się w obiegu wody, może być tylko atmosfera. Powinna być ona przekaznikiem cykli solarnych, grawitacyjnych itp., ujawnianych w opadach lub odpływie, ale także w przyroście masy drzew, natężeniu procesów denudacyjnych. Mechanizm takiej transmisji jest nieznan. Poszukując odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób niezmiernie słabe oddziaływania grawitacyjne, będące skutkiem koniunkcji planet, miałyby generować cykliczność opadów czy odpływu, nie znajdujemy najczęściej udokumentowanych odpowiedzi. Przedstawiane są raczej hipotezy. Przyczynę stwierdzanego w odpływie rzek europejskich cyklu 45–50-letniego, K. Łopata (1993) widzi we fluktuacjach w jądrze ziemskim, zmianach ilości energii słonecznej lub cykliczności pływów morskich, spowodowanej wpływem pary planet Saturn – Uran. Równocześnie autorka zaznacza swoje wątpliwości, co do rzeczywistego istnienia opisywanej cykliczności. Krótkie cykle, rzędu 3,5; 4,0; 5,58 lat J. Boryczka objaśnia wahaniami wynikającymi z przyspieszenia Słońca względem środka masy Układu Słonecznego, zmieniającego się dokładnie w wyżej podanych okresach. Wskazuje także na zmieniającą się w cyklach 3,5 i 3,75 lat siłę przyptywową oraz siłę grawitacji planet (Boryczka 1984). Przyjmując taki skrajnie deterministyczny punkt wyjścia, można wytłumaczyć każdą cykliczność. Podobne problemy mają także nauki biologiczne. Badając cykliczność zachowań organizmów żywych, biologowie nie są jednomyślni co do istnienia genetycznego zapisu (chrononu), o którym pisze B. Cymbarewski (1984). Wykształcony na drodze ewolucji chronon, miałby warunkować cykliczne zachowanie się organizmu, który w szczególnych warunkach (np. w organizmach żyjących w jaskiniach) może przechowywać cykliczność z pliocenu, czy jeszcze z ery mezozoicznej.

7.2. ZAGADNIENIA METODYCZNE I PRZYRODNICZY SENS CYKLICZNOŚCI

Do obliczenia długości i amplitudy cykli stosowane są różnorodne techniki. Według J. Boryczki (1993), dotychczas stosowane metody, jak analiza harmoniczna, analiza spektralna, nie nadają się do wyróżniania cykli w badaniach klimatycznych, negując praktycznie całą literaturę polską i zagraniczną dotyczącą cykliczności w badaniach klimatycznych lub hydrologicznych. J. Boryczka (1984, 1993) proponuje własne podejście polegające na dopasowywaniu sinusoid. Ono także nie jest wolne od wad, co dokumentują następujące prace: R. Soja, A. Walanus 1997, 1998; A. Walanus 1997; A. Walanus,

R. Soja 1995. Metody stosowane przy badaniu cykliczności, niejako „generują” cykliczność w szeregach czasowych. Dla każdego szeregu czasowego można znaleźć krzywą najlepiej przybliżającą jego przebieg. Nie wynika z tego jeszcze, że cykliczność istnieje. Stosując techniki obliczeniowe „ujawniamy” cykle w liczbach losowych, w zjawiskach mających jednoznacznie losowy charakter, ponieważ z góry zakładamy, że w tym materiale cykliczność występuje. Przykładem może być wynik uzyskany przez J. Kożuchowskiego (1985), który badał serie opadowe dla lat 1890–1980, stwierdzając brak cykliczności. Filtrując za pomocą średniej ruchomej 5-letniej, uzyskał cykliczność o okresie 27,9 roku. Czy to znaczy, że taki cykl istnieje w rzeczywistości, czy istnieje on w serii wyrównanej średnią ruchomą?

W badaniach z zakresu hydrometeorologii zasadnicze znaczenie ma aspekt przestrzenny. Jeżeli w konkretnym profilu wodowskazowym stwierdzamy istnienie cykliczności w odpływie, to w danych z niżej położonych wodowskazów musimy odnaleźć podobny rytm pod warunkiem, że nie zmienia się zasadniczo charakterystyka fizycznogeograficzna zlewni. R. Krasnodębski i M. Gadkowski (1978) wyróżniają w odpływie Wisły w Szczucinie cykl 163-letni, który w Sandomierzu już nie występuje. Między Szczucinem a Sandomierzem wzrasta średni roczny przepływ z 245 do 298 m³/s, co stanowi wzrost o 21%. Jaka może być fizyczna przyczyna tak zasadniczej zmiany w zlewni i jak silne muszą być oddziaływania, niewielkiego w gruncie rzeczy, przyrostu przepływu? Zdawkowe wyjaśnienie, że jest to wynik wpływu środowiska geograficznego niczego nie wyjaśnia, a wręcz przeciwnie, skłania do wątpliwości. Termin „porządek przestrzenny zmienności opadów” stosuje K. Kożuchowski (1985) do opisu synchroniczności i asynchroniczności anomalii opadowych. Autor ten zastanawia się co jest lub może być przyczyną różnicy okresowości w opadach w Krakowie, wyliczoną na 3,5 roku a w Tarnowie, odległym od Krakowa o około 70 km, na 18,7 roku. W obu punktach pomiarowych zbliżona jest wysokość sum opadów rocznych, podobne jest położenie w obrębie większych jednostek fizycznogeograficznych, natomiast różnica to jeden rząd wielkości i nie ma ona żadnego przyrodniczego uzasadnienia. Często w pracach dotyczących cykliczności lekceważy się zasady analizy szeregów czasowych, czego dowodem jest wyróżnienie cyklu 163-letniego w serii 72 lat obserwacji (Krasnodębski, Gadkowski 1978).

Badaniem cykli zajmowano się najczęściej w sposób typowy, czyli od strony statystycznej, bez konfrontowania otrzymywanych wyników z przyrodniczą rzeczywistością. Nie można odpowiedzieć jednoznacznie na pytanie, co opisują cykle w sensie przyrodniczym: czy są dowodem istnienia generującego je oscylatora, układu z bezwładnością lub pamięcią i co jest tym oscy-

latorem. Liczne przypuszczenia i hipotezy identyfikacji oscylatora nie są podbudowane wyjaśnieniem sposobu transmisji wpływów. W 1965 roku I. Rodriguez-Iturbe i V.M. Yevdjewich napisali, że nie wiadomo co jest przyczyną cykliczności w odpływie rzeczny i od tego czasu nie zanotowano znaczącego postępu. Nie udało się zidentyfikować czynników ją wywołujących. Podręczniki statystyki mówią jednoznacznie, że wykazanie korelacji pomiędzy przebiegiem różnych zjawisk nie oznacza, że są one ze sobą związane przyczynowo. Należy wskazać mechanizm tego związku. Bez wątpienia można traktować cykle jako jedną z miar statystycznych, przydatnych przy charakterystyce zjawiska w czasie.

Cykliczny, to znaczy regularnie powtarzający się wzrost wysokości opadów, odpływu, można opisać za pomocą parametrów: czasu trwania pełnego cyklu i jego amplitudy. Regularność zjawiska stwarza możliwość prognozy, co oznacza, że możemy przewidywać np. nadchodzący większy deficyt wody lub wzrost opadów. Na wielkość deficytu wody lub wzrostu opadów wskazuje amplituda cyklu. W obliczeniach amplitudy cykli w opadach lub w odpływie uzyskiwano najczęściej wynik 2–4%, co jest wartością praktycznie bez znaczenia z przyrodniczego punktu widzenia. Zmienność rocznych opadów w Polsce sięga kilkudziesięciu procent, natomiast zmienność odpływu jest nieco niższa. Wielkość 2–4% opadu lub odpływu oznacza 10–20 mm opadu i 5–10 mm odpływu. Wzrost lub spadek rocznej sumy opadów lub odpływu, rozłożonej na 12 miesięcy, nie ma żadnego znaczenia. Jest poniżej progu wykrywalności, czego dowodzą prace nad wrażliwością zlewni na zmianę warunków zasilania (Kaczmarek 1994; Kaczmarek, Krasucki 1991).

7.3. CYKLIČZNOŚĆ ODPLYWU RZEK KARPACIKICH

Do analizy cykliczności wykorzystano średnie miesięczne przepływy z 29 profili wodowskazowych w dorzeczu Wisły do Zawichostu, za lata 1951–1995. Analizę wykonano metodą FFT (analiza fourierowska albo widmowa), stosowaną w wielu opracowaniach (m.in. Jeż i in. 1990; Walanus, Soja 1995). Dla wszystkich wodowskazów, choć w różnym stopniu, stwierdzono roczną periodyczność. Najwyraźniejszą periodyczność wykazują kolejno: Dunajec w Żabnie i w Nowym Sączu, Ropa w Kłęczanach, Wisła w Skoczowie, Sandomierzu i w Zawichoście, San w Radomyślu, Oślawa w Zagórzcu. Trudno znaleźć prawidłowości w tym wykazie. Są tu rzeki o wyraźnie bardziej kontynentalnym reżimie np. Ropa, San, Oślawa, jest Dunajec o dominacji odpływu wiosennego, ale także i Wisła w Skoczowie o zdecydowanie dwudzielnym cyklu odpływu, z kulminacjami wiosną i latem. Słabą periodyczność

wykazuje Wisła w Nowym Bieruniu i Uszwica w Borzęcinie. Zupełnie nieistotna periodyczność występuje w Iłownicy, w której reżim hydrologiczny jest bardzo silnie przekształcony przez człowieka (Chelmiecki i in. 1999). Bardzo często pojawia się periodyczność o okresie 0,33 roku. Najwyraźniejsza periodyczność 0,33-roczna występuje w profilach: Wisła–Jagodniki, Wielopolka–Brzeźnica, Wisłoka–Mielec, Biała–Koszyce, Raba–Proszówki. Na uwagę zasługuje periodyczność o okresie 3,5 roku stwierdzona w profilu wodowskazowym Wisła–Szczucin w stuletniej serii stanów wody (Walanus, Soja 1995). Była ona także sygnalizowana w pracy R. Krasnodębskiego i M. Gadkowskiego (1978). Jako jedna z najbardziej prawdopodobnych, periodyczność 3,5-letnia była stwierdzana w wielu rzekach europejskich; w dorzeczu Wisły do Zawichostu pojawia się sporadycznie i jest bardzo słabo zaznaczona

Współczesny stan badań nad cyklami nie pozwala na jednoznaczne odrzucenie lub przyjęcie hipotezy, że cykle wykrywane w szeregach czasowych danych hydrometeorologicznych są lub ich nie ma (Kozuchowski 1985; Kuzin 1970; Łaszewski 1986; Soja, Walanus 1995, 1998; Sznitnikow 1968). Cykliczność należy do pojęć trudnych do zdefiniowania. Nie ma absolutnej cykliczności, tak jak nie ma absolutnej losowości. Granica między cyklicznością a tym co już cyklicznością nie jest i co należy do szumu, jest niestała. Można sądzić, opierając się na opublikowanych pracach, że sprawa uznania, co jest, a co nie jest istotne w cykliczności, przysparza najwięcej kłopotu i jednocześnie bywa najczęstszym źródłem pomyłek. Jednoznacznym wnioskiem wynikającym z analizy cykliczności rzek karpackich jest stwierdzenie zupełnego braku cykliczności w rzekach o silnie zaburzonym reżimie. Określenie „silnie” ma charakter jakościowy. Nie znamy bowiem granicy, za którą cykliczność roczna jest jeszcze widoczna lub zanika w seriach pomiarowych. Można więc stwierdzić, że nawet jeśli cykliczność istnieje, to nie ma ona znaczenia przyrodniczego, może być raczej traktowana jako pewna miara statystyczna.

Zaprezentowane wyżej sceptyczne podejście do cykliczności nie oznacza negacji roli, jaką odegrała ona w poznaniu środowiska. Zakończony został pewien etap badań. Powstały nowe teorie i sposoby analizy szeregów czasowych. Teoria deterministycznego chaosu w zastosowaniu do analizy serii czasowych jest przedmiotem wielu opracowań (Jayawardena, Lai 1994; Sivakumar i in. 1998; Stehlik 1999) i wydaje się, że jest możliwe znalezienie znacznie lepszych rozwiązań.

8. WSKAŹNIK KONCENTRACJI ODPLYWU

Środowisko zlewni decyduje o zmienności odpływu. W zlewniach karpaccich zmienność odpływu jest bardzo duża. Warunki klimatyczne, głównie opady, zmieniają się z roku na rok w bardzo szerokim przedziale. Warunki geologiczne decydują o tym, że retencyjność zlewni jest niewielka, co skutkuje brakiem skorelowania (współzależności) odpływu w kolejnych latach. Jest to typowe dla odpływu polskich rzek (Fal 1993).

Zmiany odpływu w rocznym cyklu hydrologicznym mogą przejawiać się wzrostem przepływów maksymalnych, przesuwaniem się występowania największego odpływu z miesięcy wiosennych na zimowe (Fal 1993; Stachy i in. 1996), pojawianiem się okresów wzmożonego zwiększonego odpływu w miesiącach wczesnozimowych i wieloma innym cechami, które są trudno mierzalne. Generalnie można stwierdzić, że zmiany mogą postępować w kierunku koncentracji odpływu w pewnych okresach, na co wpływa przyspieszenie obiegu wody w wyniku działalności człowieka. W zlewni całkowicie wylesionej roztopy pojawiają się wcześniej, a czas ich trwania jest krótszy, niż w zlewniach zalesionych. Odpływ wód roztopowych jest skoncentrowany, z reguły jest to jedno gwałtowne wezbranie. Podobnych reakcji zlewni można oczekiwać w czasie letnich wezbrań opadowych. W przypadku słabnięcia wpływu antropopresji, po zaprzestaniu uprawy roli, przy wzroście zalesienia itp., reakcja zlewni powinna być wolniejsza, rozłożona w czasie, co daje bardziej równomierny odpływ. Sprawą otwartą jest jaką miarę należy zastosować, aby ujawnić takie tendencje w zlewni. W literaturze hydrologicznej nie znaleziono przykładów opracowań na ten temat. Najczęściej stosowaną miarą informującą o zmienności odpływu w danym roku lub wieloleciu jest współczynnik zmienności C_v o postaci:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (Q_M - Q_R)^2}{n Q_R}}$$

gdzie: C_v – współczynnik zmienności w bezwymiarowej postaci;

$Q_{..}$ – przepływ średni miesięczny (lub przepływ średni miesięczny z wielolecia);

Q_R – przepływ średni roczny (lub przepływ średni roczny z wielolecia);

n – liczba miesięcy.

Współczynnik zmienności obliczony z danych pochodzących z jednego roku informuje o zmienności przepływów średnich miesięcznych w konkretnym roku hydrologicznym. Miary tej można użyć dla wielolecia, zastępując przepływ średni miesięczny Q_m przepływem średnim miesięcznym z wielolecia, przepływ średni roczny Q_R przepływem średnim rocznym z wielolecia, a liczbę miesięcy ($n = 12$) liczbą lat okresu wziętego do analizy. W tej postaci współczynnik zmienności daje wartości uśrednione z wielolecia, wykorzystywane do charakterystyk regionalnych. Dobre wyniki otrzymano przy charakterystyce reżimów rzek karpackich (Chełmicki i in. 1999). W pracy tej znajduje się także sugestia wykorzystania ilorazu współczynnika zmienności przepływów z wielolecia i współczynnika zmienności przepływów rocznych jako miary powtarzalności wahań przepływów.

W niniejszej pracy poszukiwano wskaźnika pozwalającego na ocenę stopnia koncentracji odpływu w rocznym cyklu hydrologicznym, który mógłby dać odpowiedź na pytanie, czy w długiej serii pomiarowej mamy do czynienia ze zmianami wskazującymi na przekształcanie reżimu hydrologicznego. W przypadku stosowania wskaźnika koncentracji można spotkać się z dwiema skrajnymi sytuacjami. Pierwsza, przy zupełnym braku koncentracji – każdy z miesięcy roku hydrologicznego ma taką samą wartość przepływu. Zupełny brak koncentracji nie jest możliwy, nawet w przypadku rzek o całkowitym zasilaniu podziemnym, rzek o wyłącznie gruntowym zasilaniu (typu *kara-su*) występujących w Azji Środkowej czy Azji Centralnej. Drugi przypadek występuje wtedy, gdy odpływ skoncentrowany jest wyłącznie w jednym miesiącu lub dniu. Dotyczy to obszarów suchych z epizodycznym odpływem i obrazuje przypadek koncentracji całkowitej.

Wskaźnik koncentracji w zastosowaniu do odpływu można użyć jako miary, bez względu na to czy mamy do czynienia z ciekami stale czy okresowo płynącymi. W literaturze hydrologicznej nie znaleziono przykładów opisujących metodyczne założenia lub zastosowanie współczynnika koncentracji. W badaniach klimatologicznych o użyciu wskaźnika koncentracji opadów wspomina K. Kożuchowski (1985), nie przytaczając jednak konkretnych rozwiązań. Używany powszechnie w badaniach z zakresu ekonomii wielobok koncentracji Lorenza daje obraz mało czytelny. Współczynnik koncentracji K stosowany przez Pearsona, o wzorze $a/(a+b)$, gdzie „a” jest powierzchnią nad krzywą (w tym przypadku krzywą przepływów), a „b” powierzchnią pod krzywą, wymaga trudnych do uzyskania danych dobowych. Znaleziony w literaturze z zakresu klimatologii (za Kożuchowskim, 1985) wskaźnik koncentracji opadów opracowany przez Gibbsa i Martina, a zmodyfikowany przez J. E. Olivera (Oliver 1980) stosowano do oceny stopnia koncentracji opadów

w rocznym cyklu, a na jego podstawie wykonywano mapy koncentracji opadów w różnych regionach świata. Wskaźnik ten (dalej oznaczony jako GMO) zastosowany do badań z zakresu hydrologii ma postać następującą:

$$\text{GMO} = \frac{\sum x^2}{\sum (x)^2} \cdot 100$$

gdzie: x – średni miesięczny przepływ.

Z konstrukcji wzoru wynikają wartości skrajne wskaźnika, który mieści się w przedziale 8,3–100,0. Przy całkowitym braku koncentracji (przepływ we wszystkich miesiącach roku hydrologicznego jest jednakowy), wartość wskaźnika wynosi 8,3. Przy wystąpieniu odpływu tylko w jednym miesiącu (koncentracja zupełna), wartość wskaźnika wynosi 100.

Ponieważ nie ma w literaturze przykładów zastosowania wskaźnika koncentracji w hydrologii, wykonano obliczenia wartości wskaźnika dla rzek w różnych strefach klimatycznych, korzystając z danych zawartych w rocznikach hydrologicznych UNESCO, zachowując konieczną w takich przypadkach równoczesność serii obserwacyjnych. Na wyniki wpływa krótki okres obserwacji – tylko 20 lat. W przypadku rzek o skrajnie kontynentalnym reżimie hydrologicznym z jednym dużym wezbraniem roztopowym, wartość wskaźnika sięga nawet 49,34 – zlewnia Mały Uzeń na przedpolu Uralu z odpływem ograniczonym do 7–9 miesięcy w ciągu roku. W zlewniach wielkich rzek rosyjskich, z odpływem zniekształconym poprzez pracę zbiorników retencyjnych wskaźnik koncentracji wynosi: Oka – 28,860, Wołga w środkowym biegu – 16,456, Don – 18,34. Niemen u ujścia ma wskaźnik 11,919, Wisła 10,897, Odra – 10,740, Ren w Bazylei – 10,131, Sekwana w Paryżu – 11,146. Przestrzenne zróżnicowanie wskaźnika dowodzi możliwości jego wykorzystania do charakterystyk regionalnych.

Testując możliwość zastosowania wskaźnika koncentracji w hydrologii, obliczono jego wartości dla serii pomiarowej Wisła–Tczew dla lat 1901–1983 (tab. 7), wykorzystując materiały publikowane (UNESCO 1970, *Roczniki hydrologiczne dorzecza Wisły*). W serii liczącej 83 przypadki, skrajne wartości wskaźnika koncentracji to 8,767 w 1972 roku i 16,135 w 1917 roku. Średni wskaźnik koncentracji dla Wisły w Tczewie za lata 1901–1983 wynosi 10,614. Do wartości średniej jest 49 przypadków, powyżej średniej 34 przypadki. Interesujący jest silnie skośny rozkład wskaźnika w przedziałach wyznaczanych co 1,0.

do 9,0 – 4
 9,1 – 10,0 – 33
 10,1 – 11,0 – 22
 11,1 – 12,0 – 13
 12,1 – 13,0 – 5
 pow. 13,1 – 6

Ponad jedną trzecią przypadków obejmuje klasa od 9,1 do 10,0, a do 11,0 ponad połowę całego zbioru. Skupienie blisko średniej wskazuje na stosunkowo małą czułość wskaźnika na wielkości skrajne, co jest okolicznością korzystną. Lata z wielkimi wezbrzeniami na południu Polski, powstającymi z opadów rozlewnego typu, np. wezbrania w 1934, 1960, 1970 roku, nie znajdują odbicia w wysokości wskaźnika koncentracji, który dla wymienionych lat jest równy lub niższy od średniej dla całego okresu.

Tabela 7. Wskaźnik koncentracji (GMO) dla Wisły w Tczewie w latach 1901–1983

Rok	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
190	x	10,729	9,350	9,706	9,839	10,182	10,374	12,113	11,648	11,508
191	8,974	15,490	10,754	9,557	9,877	10,413	9,922	16,135	10,109	10,142
192	11,421	11,442	11,191	9,751	13,613	9,177	8,779	10,369	10,835	11,668
193	10,072	10,871	11,189	8,873	9,677	10,355	9,378	12,025	9,209	9,256
194	10,747	10,370	12,581	9,054	9,755	9,422	11,342	15,058	9,524	9,825
195	10,389	12,707	11,899	12,252	9,967	9,693	10,414	9,562	11,318	9,983
196	9,601	9,662	11,816	11,208	16,056	9,901	9,919	11,709	9,117	10,515
197	10,616	10,658	8,767	9,410	10,447	9,890	10,046	9,772	9,051	12,472
198	9,525	9,028	10,284	9,700	x	x	x	x	x	x

8.1. WSKAŹNIK KONCENTRACJI PRZEPIYWÓW ŚREDNICH MIESIĘCZNYCH W RZEKACH KARPACKICH

Wykorzystanie wskaźnika koncentracji do opisu reżimu hydrologicznego stwarza możliwość bezpośredniego i wymiernego porównywania różnych zlewni. Wykresy współczynnika przepływów miesięcznych (tzw. współczynnika Parde'ego) pozwalają na jakościową ocenę, charakterystykę odpływu w rocznym cyklu hydrologicznym, wskazanie okresów wzmożonego czy niskiego odpływu, nie opisują jednak reżimu rzeki w sposób całościowy. Przypisanie danej zlewni liczbowej wartości, pozwala na ocenę reżimu w stosunku do zlewni sąsiednich, jak również pozwala na ocenę zmiany reżimu z biegiem rzeki. Do tego celu można wykorzystać współczynnik zmienności lub wskaźnik koncentracji w formie proponowanej przez J.E. Olivera (1980).

Dla rzek w zlewni Wisły do Zawichostu obliczono wskaźnik koncentracji średnich miesięcznych przepływów dla okresu 1951–1995. Jak w każdym

przypadku charakterystyk reżimu hydrologicznego, przyjęto zasady równej długości okresu obserwacyjnego dla wszystkich posterunków wodowskazowych, co zapewnia całkowitą porównywalność wyników. Obliczenia wykonano dla rzek o skrajnie silnie przekształconym reżimie hydrologicznym (Przemsza–Jeleń), dużych zlewni karpaccich (Dunajec–Nowy Sącz, San–Przemysł) i małych zlewni pogórskich (Mlecza–Gorliczyna) i beskidzkich (Muszynka–Muszyna). Łącznie przeanalizowano dane dla 29 wodowskazów.

Najniższą wartość wskaźnika koncentracji stwierdzono dla wodowskazu Przemsza–Jeleń, która wynosi 8,378 i jest bliska dolnej granicy współczynnika wynoszącej 8,333. Średnie miesięczne przepływy Przemszy są prawie całkowicie wyrównane. Podobne warunki odpływu występują jedynie w małej zlewni Prądnika (wodowskaz Ojców, 63 km²) zasilanej w 95% wodami gruntowymi. Zlewnia Przemszy ma reżim całkowicie przekształcony przez człowieka, podczas gdy w zlewni Prądnika ingerencja człowieka jest niewielka. Wielkość współczynnika koncentracji w granicach 8,5–9,3 wykazują posterunki na Wiśle, z tym że najwyższą wartość, a więc najbardziej skoncentrowany odpływ w rocznym cyklu, stwierdzono w beskidzkim odcinku rzeki (Wisła–Skoczów). Wisła w Skoczowie ma wyraźnie dwudzielny, roztopowy i opadowy okres wzmoczonego odpływu oraz bardzo niskie przepływy w jesieni, stąd tak duża wartość współczynnika. Zbliżone wielkości osiąga wskaźnik koncentracji w zlewni Sanu w Przemyślu, Wisłoka w Tryńczy i Raby w Proszówkach. Wyróżniają się rzeki zasilane z Tatr, Dunajec i Poprad mające jeden z najwyższych wskaźników koncentracji, rzędu 9,9. W przebiegu średnich miesięcznych przepływów (Chełmicki i in. 1999) widać jeden okres wzmoczonego odpływu, obejmujący okres roztopów i letniego wezbrania opadowego. Największe wartości wskaźnika koncentracji obliczono dla Wisłoki w Żółkowie i Mleczy w Gorliczynie. Obie zlewnie mają wyjątkowo niewyrównane przepływy, w tym także średnie przepływy miesięczne, niżówki są jedne z najgłębszych w Karpatach, co rzutuje na duże zróżnicowanie średnich miesięcznych przepływów.

Przestrzenne zróżnicowanie wskaźnika koncentracji w zlewniach karpaccich i na karpaccim odcinku Wisły daje nieco inny obraz niż znany z dotychczasowych publikacji wykorzystujących współczynnik Parde'ego (Dynowska 1971; Chełmicki i in. 1999). Jednoznaczny jest podział na wschodnią i zachodnią część Karpat o różnych wielkościach wskaźników. Rzeki o bardziej kontynentalnym reżimie mają większe wskaźniki. Wyróżniają się zlewnie Dunajca i Popradu o wysokich wartościach wskaźnika. Związek między wielkością zlewni a wskaźnikiem koncentracji nie jest jednoznaczny. Wraz z przyrostem powierzchni dorzecza wielkość wskaźnika maleje na wszystkich rzekach

Tabela 8. Średnie roczne wartości wskaźnika koncentracji (GMO) dla rzek karpackich z lat 1951–1995

Rzeka – wodowskaz	GMO
Wisła – Skoczów	9,309
Wisła – Nowy Bieruń	8,578
Wisła – Szczucin	8,947
Wisła – Sandomierz	9,006
Wisła – Zawichost	9,065
Iłownica – Czechowice	8,527
Przemsza – Jeleń	8,378
Soła – Oświęcim	9,222
Skawa – Sucha	9,013
Skawa – Wadowice	9,013
Raba – Proszówki	9,398
Dunajec – Kowaniec	9,936
Dunajec – Nowy Sącz	9,890
Poprad – Muszyna	9,866
Poprad – Stary Sącz	9,780
Muszynka – Muszyna	9,801
Biała – Koszyce Wlk.	9,490
Wisłoka – Żółków	10,032
Wisłoka – Mielec	9,594
Ropa – Klęczany	9,473
Wielopolka – Brzeźnica	9,607
San – Lesko	9,520
San – Przemyśl	9,395
San – Radomyśl	9,201
Ośława – Zagórz	9,671
Wiar – Krówniki	9,530
Wisłok – Zarnowa	9,503
Wisłok – Tryńcza	9,389
Młeczka – Gorliczyna	10,085

karpackich (tab. 8), a wyjątkiem od tej reguły jest Wisła na przedpolu Karpat, gdzie wielkość wskaźnika koncentracji rośnie od Nowego Bierunia do Zawichostu. Wyjaśnienie tej sprawy, a także odpowiedź na inne kwestie związane z możliwością wykorzystania wskaźnika koncentracji do charakterystyki szczegółowej reżimu wymagają przeprowadzenia analizy uwzględniającej znacznie więcej zlewni, w tym także mniejszych zlewni pogórskich i beskidzkich. W zbiorze badanych zlewni znajdują się tylko trzy typowe zlewnie pogórskie, Wielopolka, Młeczka, Wiar i jedna mniejsza zlewnia beskidzka – Muszynka w Muszynie.

8.2. WSKAŹNIK KONCENTRACJI W LATACH 1951–1995 W RZEKACH KARPACKICH

Aby ocenić zmiany reżimu hydrologicznego w latach 1951–1995 i odpowiedzieć na pytanie, czy w tym czasie nastąpiły zmiany wyrażające się koncentracją odpływu w rocznym cyklu hydrologicznym, obliczono wskaźnik koncentracji dla 29 posterunków wodowskazowych w zlewni Wisły do Zawichostu. Utworzono szeregi czasowe zawierające przetransformowaną informację o odpływie ze zlewni. Przykładowe dane dla wybranych posterunków wodowskazowych zamieszczono w tabelach 9a, 9b, a ich ilustracją są ryciny 22, 23, 24. Na wykresach widać, że wielkość wskaźnika nie nawiązuje do wielkości odpływu. Wielkie wezbrania letnie, jakie miały miejsce np. w 1960 czy 1970 roku, nie zaznaczają się podwyższoną wartością wskaźnika, który maksima osiąga w przypadku lat o dominacji wezbrań roztopowych.

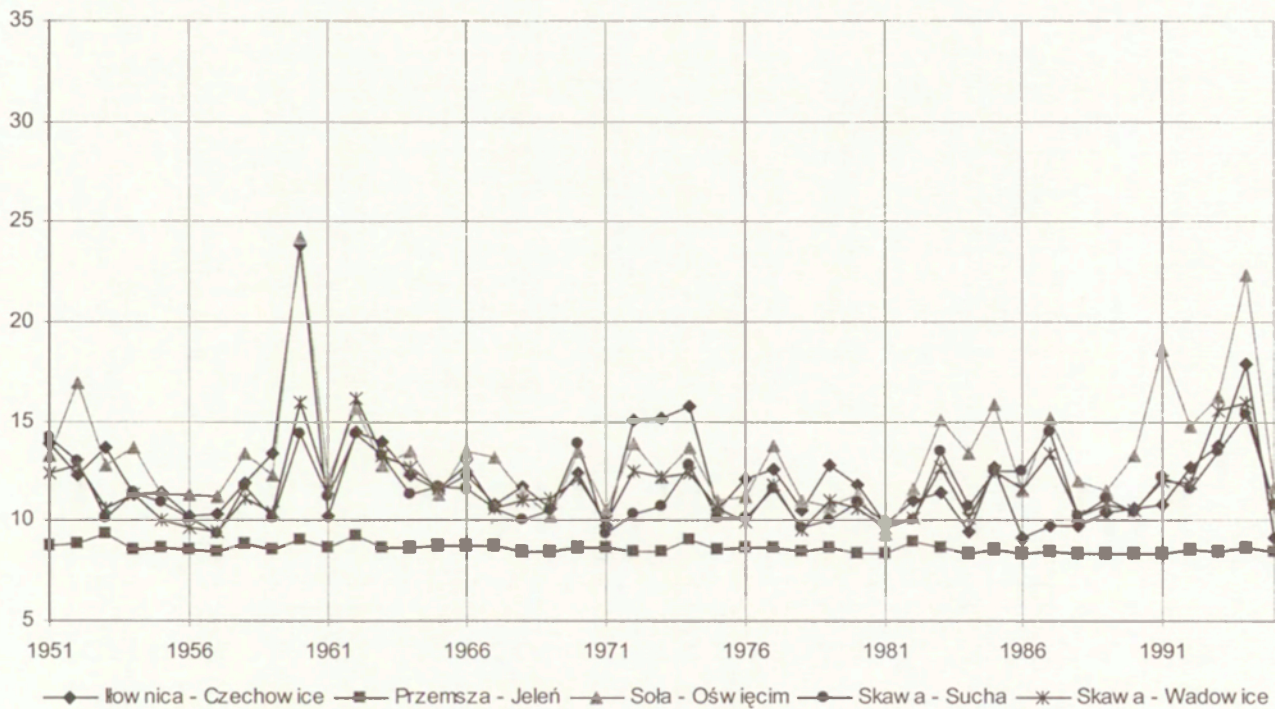
W stosunku do wskaźnika koncentracji średnich z wielolecia miesięcznych przepływów, wartości dla konkretnych lat mają zdecydowanie wyższą amplitudę (tab. 9a, 9b). W przypadku zlewni Przemszy, rzeki o najbardziej wyrównanym odpływie, najniższe wartości wskaźnika sięgają jego dolnej granicy czyli 8,33, a najwyższe sięgają zaledwie wartości 9,200. Najwyższe wartości współczynnika koncentracji stwierdzono w zlewni Mlecзки w 1952 roku i sięgają one 34,5, co jak na warunki środowiskowe Karpat należy uznać za wartość ekstremalną, której przewyższenia trudno oczekiwać. W tej samej zlewni zdarzały się lata o niskim wskaźniku, rzędu 9,5. W ciągach wskaźników koncentracji w latach 1951–1995 na uwagę zasługują lata 1952 i 1960, o odmiennym przebiegu zjawisk hydrologicznych, co znalazło odbicie w przestrzennym zróżnicowaniu wskaźnika. W 1952 roku w zlewniach położonych na wschód od Raby zanotowano najwyższe wartości wskaźnika, czego przyczyną był skrajnie nietypowy przebieg odpływu. Po wezbraniu roztopowym, które było jedynym znaczącym okresem wzmózonego odpływu w całym roku hydrologicznym, brak opadów w lecie spowodował wystąpienie głębokiej niżówki trwającej do połowy września. W zlewniach Raby, Białej, Wisłoki, Sanu i Osławy wskaźnik koncentracji osiągnął wartości powyżej 25,0, a w zlewniach Skawy, Soły, Hłownicy oraz w beskidzkiej zlewni Wisły nieco przekroczył wartości średnie. Odmienny układ przestrzenny wskaźnika miał miejsce w 1960 roku, kiedy w zlewniach karpackich wystąpiło jedno z największych wezbrań. Wysokie wartości wskaźnika wystąpiły wyłącznie w zlewniach zachodnich Karpat, na Wiśle w Skoczowie i Nowym Bieruniu, Hłownicy, Sole i Skawie, wysoką wartość zanotowano także na Rabie. W zlewniach położonych na wschód od Raby wielkość wskaźnika była na poziomie średnich z wielolecia.

Tabela 9a. Wskaźnik koncentracji przepływów (GMO) dla wybranych rzek karpackich w latach 1951–1995

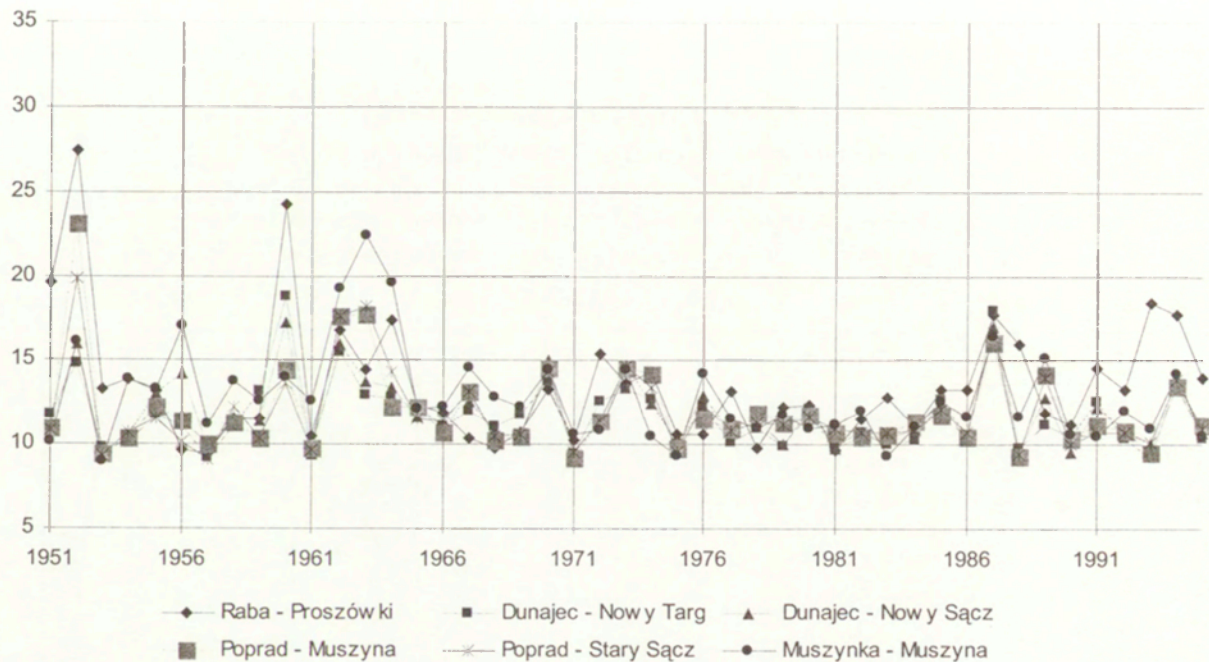
Rok	Wisła – Skoczów	Wisła – Zawichost	Soła – Oświęcim	Skawa – Wadowice	Raba – Proszówki	Dunajec – Nowy Sącz	Poprad – Stary Sącz	Muszynka – Muszyna
1951	15,079	11,774	13,256	12,420	19,546	10,825	10,815	10,191
1952	14,761	17,732	16,989	12,843	27,448	16,001	19,822	16,089
1953	12,005	10,681	12,781	10,641	13,266	9,255	9,322	8,988
1954	13,877	11,199	13,687	11,319	13,861	10,447	10,752	13,846
1955	11,491	10,657	11,323	10,077	13,179	13,031	11,573	13,290
1956	12,093	11,130	11,339	9,657	9,692	14,169	10,170	16,979
1957	10,609	9,577	11,176	9,393	9,382	9,842	9,068	11,209
1958	12,934	12,273	13,382	11,081	11,546	11,555	12,234	13,698
1959	15,321	9,969	12,317	10,443	11,513	11,457	10,330	12,565
1960	19,538	12,701	24,202	15,919	24,265	17,234	13,670	13,989
1961	11,582	9,805	12,139	11,636	10,530	9,411	9,664	12,625
1962	13,858	14,804	15,702	16,182	16,764	15,932	17,594	19,297
1963	11,240	11,903	12,808	13,333	14,417	13,715	18,183	22,447
1964	18,186	16,765	13,515	12,677	17,401	13,411	14,353	19,623
1965	13,508	10,657	11,358	11,636	12,339	11,676	11,480	12,144
1966	14,458	11,252	13,467	12,773	11,906	11,109	11,411	12,197
1967	12,528	11,208	13,153	10,595	10,393	12,643	13,122	14,581
1968	11,470	9,312	11,448	10,989	9,731	10,881	10,507	12,831
1969	12,763	9,499	10,230	11,115	10,685	10,373	10,635	12,228
1970	14,216	11,602	13,477	12,119	13,282	15,021	14,304	14,436
1971	11,501	9,550	10,484	9,945	10,238	9,559	9,584	10,582
1972	15,504	10,293	13,848	12,496	15,430	11,425	11,435	10,853
1973	15,016	10,551	12,187	12,205	13,618	14,661	14,739	14,503
1974	12,724	12,614	13,726	12,449	14,295	12,516	13,413	10,524
1975	11,975	9,199	10,975	10,605	10,556	10,109	9,572	9,298
1976	11,462	10,561	11,265	9,943	10,577	12,980	12,339	14,183
1977	11,468	10,944	13,798	11,764	13,199	10,756	10,883	11,509
1978	9,839	9,617	10,984	9,570	9,808	11,390	11,290	11,004
1979	11,851	10,918	10,764	10,994	12,246	10,073	11,139	11,732
1980	11,790	12,377	11,353	10,599	12,362	11,759	11,596	10,967
1981	10,785	9,345	9,353	9,663	9,691	9,792	10,977	11,189
1982	10,954	9,986	11,580	10,172	11,556	10,504	10,682	11,949
1983	15,882	10,517	15,017	12,666	12,782	10,389	10,710	9,268
1984	10,641	9,662	13,339	10,157	11,103	10,924	10,782	11,076
1985	14,596	10,901	15,875	12,545	13,318	12,600	12,134	12,638
1986	10,758	10,303	11,478	11,629	13,321	10,599	10,764	11,624
1987	15,147	12,791	15,182	13,386	17,716	16,983	16,676	16,422
1988	12,529	9,824	11,980	10,249	15,959	9,599	9,388	11,614
1989	10,455	11,447	11,511	10,788	11,842	12,862	13,996	15,192
1990	12,485	9,003	13,314	10,523	11,201	9,571	10,031	10,571
1991	13,770	9,913	18,647	12,039	14,603	12,193	10,672	10,505
1992	14,257	10,288	14,768	11,876	13,254	10,928	10,671	11,947
1993	16,332	11,245	16,260	15,549	18,436	9,965	10,182	10,949
1994	18,167	12,959	22,414	15,990	17,739	13,426	13,835	14,233
1995	10,015	9,733	11,697	10,678	13,943	10,753	10,908	10,448

Tabela 9b. Wskaźnik koncentracji przepływów (GMO) dla wybranych rzek karpackich w latach 1951–1995

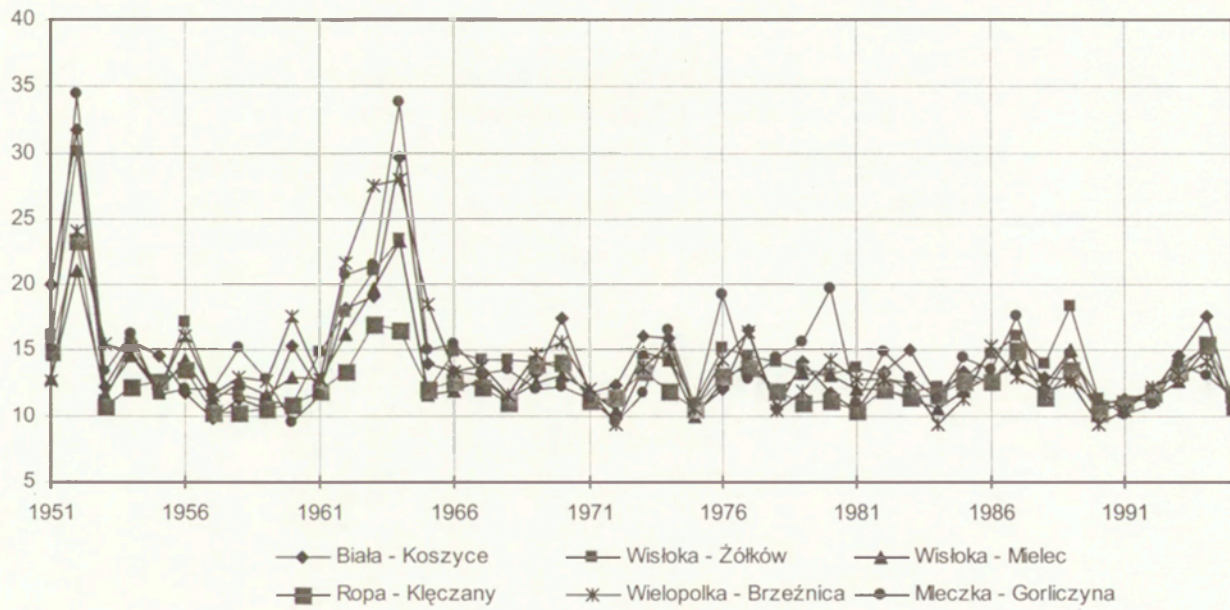
Rok	Biała – Koszyce	Wisłoka – Mielec	Ropa – Kłęczany	Wielopolka – Brzeźnica	San – Przemyśl	Wiar – Krówniki	Wisłok – Tryńcza	Mleczka – Gorliczyna
1951	20,040	12,821	14,902	12,714	11,413	13,480	11,503	15,181
1952	31,788	21,128	23,363	24,058	22,031	31,708	19,871	34,491
1953	12,176	11,566	10,743	15,501	9,459	11,066	11,376	13,381
1954	15,663	14,571	12,172	14,826	11,708	16,976	12,774	16,268
1955	14,622	11,785	12,689	12,069	10,358	12,550	10,391	11,548
1956	11,757	14,353	13,610	16,180	13,663	13,959	12,512	12,058
1957	9,786	11,113	10,283	11,678	12,005	14,470	10,819	12,097
1958	11,353	12,450	10,225	13,014	12,529	20,112	12,649	15,198
1959	10,605	11,588	10,557	12,700	11,738	12,865	11,468	12,738
1960	15,390	12,912	10,791	17,622	9,368	9,780	10,023	9,504
1961	11,934	12,803	11,925	12,791	13,111	11,189	12,342	11,646
1962	18,171	16,279	13,377	21,733	20,158	16,958	16,457	20,746
1963	19,168	19,719	16,995	27,559	16,634	19,739	18,146	21,594
1964	29,701	23,262	16,558	27,981	26,325	31,716	26,499	33,870
1965	14,011	11,684	12,062	18,504	10,661	11,303	11,325	15,063
1966	13,381	11,876	12,644	13,386	10,754	12,394	11,140	15,456
1967	13,118	12,766	12,136	13,811	14,029	12,408	12,527	13,231
1968	11,328	11,294	11,008	11,631	10,947	12,219	11,470	13,561
1969	13,336	12,513	14,018	14,778	11,428	13,498	11,635	12,115
1970	17,528	13,076	14,221	15,720	10,784	10,633	11,217	12,138
1971	11,784	11,924	11,182	12,037	9,258	10,202	11,246	11,263
1972	12,373	10,401	11,467	9,322	9,281	9,912	9,604	9,581
1973	16,141	14,899	13,363	13,639	11,432	17,025	12,035	11,732
1974	15,945	14,263	11,851	15,574	14,419	17,923	13,416	16,581
1975	10,187	9,930	10,557	10,543	9,757	10,073	9,965	10,895
1976	12,114	12,701	13,159	14,314	12,377	15,074	14,869	19,296
1977	16,505	14,116	13,675	16,391	11,023	11,120	13,710	12,753
1978	10,595	11,868	11,985	10,457	10,478	12,806	12,341	14,481
1979	14,222	13,242	11,015	11,982	9,506	10,904	12,013	15,712
1980	11,790	13,084	11,087	14,292	15,544	24,554	14,292	19,714
1981	10,407	11,992	10,403	12,746	9,839	10,307	10,903	10,966
1982	13,341	12,055	12,125	12,793	10,243	11,431	11,741	14,889
1983	15,129	11,275	11,404	12,566	11,460	12,526	10,937	12,934
1984	11,528	10,632	11,668	9,311	10,647	14,143	9,833	11,275
1985	13,360	11,849	12,675	11,287	12,025	13,184	11,280	14,425
1986	12,470	13,097	12,692	15,290	10,805	11,893	13,185	13,509
1987	14,669	13,641	15,091	12,927	12,475	15,107	12,795	17,564
1988	12,974	12,360	11,388	11,762	10,264	11,777	11,645	11,751
1989	12,861	15,074	13,489	12,647	13,284	17,906	15,958	14,691
1990	10,820	10,263	10,295	9,380	9,123	11,584	9,466	11,239
1991	11,340	11,187	10,952	10,337	9,488	17,681	9,939	10,056
1992	11,740	11,239	11,741	12,147	10,082	10,158	10,474	10,817
1993	14,650	12,734	13,341	13,143	11,533	14,867	11,399	14,026
1994	17,680	15,148	15,558	14,194	10,762	13,991	12,103	13,059
1995	10,916	10,613	11,743	11,069	10,785	11,181	10,358	11,402



Ryc. 22. Wskaźnik koncentracji (GMO) w latach 1951–1995
 Concentration coefficient (GMO) during 1951–1995



Ryc. 23. Wskaźnik koncentracji (GMO) w latach 1951–1995
 Concentration coefficient (GMO) during 1951–1995



Ryc. 24. Wskaźnik koncentracji (GMO) w latach 1951–1995
 Concentration coefficient (GMO) during 1951–1995

Przebieg wskaźnika koncentracji w latach 1951–1995 jest charakterystyczny dla pewnych obszarów. Wodowskazy zlokalizowane na Wiśle wykazują daleko idące podobieństwo, zwłaszcza wodowskazy Szczucin, Sandomierz i Zawichost. Zupełnie odmienny przebieg wskaźnika wykazuje Wisła w Skoczowie. Zlewnia ta jest typowo beskidzka, o bardzo dużej dynamice odpływu wynikającej z wysokich opadów i rzeźby terenu sprzyjającej odpływowi. Cechą charakterystyczną Wisły w Skoczowie jest wzrost wielkości współczynnika w latach 1990–1994. Podobny wzrost współczynnika występuje jeszcze tylko w zlewni Soły w Oświęcimiu, Skawy w Suchej i w Wadowicach w mniejszym stopniu na Rabiszówce w Proszówkach. Soła, Skawa i Iłownica tworzą wyróżniającą się grupę zlewni, podobnie jak Dunajec z Popradem i Rabą. Kolejną grupę tworzą zlewnie Białej, Wisłoki, Wielopolki i Ropy, w której ponad połowa wartości wskaźnika mieści się w przedziale 10–15. Największe amplitudy i jednocześnie bardzo zbliżony przebieg wykazuje wskaźnik w zlewni Sanu i Wisłoka.

Przeprowadzona powyżej analiza wskazuje na możliwość wykorzystania w hydrologii wskaźnika koncentracji, jako miernika zmian w obiegu wody. Jeżeli nastąpiło przyspieszenie obiegu wody, to jego skutkiem powinna być koncentracja odpływu, zwłaszcza w okresach roztopowych, krótsze powinny być także wezbrania letnie. Aby wyjaśnić, czy takie zjawiska miały miejsce w latach 1951–1995, obliczono równania regresji wskaźnika koncentracji dla 29 wodowskazów (tab. 10). Dla 27 wodowskazów otrzymano ujemne wartości regresji, czyli stwierdzono spadek wielkości wskaźnika koncentracji, co wskazuje, że należy oczekiwać wyrównania przepływów. Tylko dla 2 wodowskazów (Soła w Oświęcimiu i Skawa w Suchej) otrzymano dodatnie wartości wskazujące na wzrost wielkości współczynnika i w tych zlewniach można mówić o wzroście koncentracji odpływu. Generalnie w zlewni Wisły do Zawichostu występuje tendencja do wyrównywania, spłaszczania odpływu w rocznym cyklu hydrologicznym. Z uwagi na bardzo wysokie wartości wskaźnika koncentracji w pierwszych latach badanego okresu, testowano wyniki odrzucając wartość współczynnika jaka wystąpiła w 1952 roku w zlewniach wschodniokarpaccich. Nie zmieniło to znaku współczynnika regresji, zmianie w niewielkim stopniu uległa tylko wielkość jego współczynnika.

Tabela 10. Równania regresji wskaźnika koncentracji w latach 1951–1995

Wisła – Skoczów	$y = -0,1440x + 13,474$	$R^2 = 0,007$
Wisła – Nowy Bieruń	$y = -0,0633x + 12,985$	$R^2 = 0,116$
Wisła – Szczucin	$y = -0,0418x + 11,678$	$R^2 = 0,114$
Wisła – Sandomierz	$y = -0,0464x + 12,029$	$R^2 = 0,012$
Wisła – Zawichost	$y = -0,0416x + 12,047$	$R^2 = 0,091$
Łowńnica – Czechowice	$y = -0,0398x + 13,068$	$R^2 = 0,040$
Przemsza – Jeleń	$y = -0,0095x + 8,836$	$R^2 = 0,291$
Soła – Oświęcim	$y = 0,0235x + 12,782$	$R^2 = 0,011$
Skawa – Sucha	$y = 0,0072x + 11,352$	$R^2 = 0,036$
Skawa – Wadowice	$y = -0,078x + 11,495$	$R^2 = 0,035$
Raba – Proszówki	$y = -0,0312x + 14,271$	$R^2 = 0,012$
Dunajec – Nowy Targ	$y = -0,0254x + 12,304$	$R^2 = 0,026$
Dunajec – Nowy Sącz	$y = -0,0287x + 12,533$	$R^2 = 0,033$
Poprad – Muszyna	$y = -0,0393x + 12,925$	$R^2 = 0,038$
Poprad – Stary Sącz	$y = -0,0272x + 12,567$	$R^2 = 0,022$
Muszynka – Muszyna	$y = -0,0624x + 14,281$	$R^2 = 0,097$
Biała – Koszyce	$y = -0,0745x + 15,988$	$R^2 = 0,085$
Wisłoka – Żółków	$y = -0,0577x + 14,42$	$R^2 = 0,081$
Wisłoka – Mielec	$y = -0,1039x + 16,64$	$R^2 = 0,074$
Ropa – Kłęczany	$y = -0,0339x + 13,406$	$R^2 = 0,037$
Wielopolka – Brzeźnica	$y = -0,1332x + 17,254$	$R^2 = 0,178$
San – Lesko	$y = -0,0753x + 14,016$	$R^2 = 0,092$
San – Przemyśl	$y = -0,0823x + 14,004$	$R^2 = 0,101$
San – Radomyśl	$y = -0,0383x + 14,084$	$R^2 = 0,116$
Ośława – Zagórz	$y = -0,0631x + 12,998$	$R^2 = 0,030$
Wiar – Krówniki	$y = -0,081x + 16,225$	$R^2 = 0,046$
Wisłok – Żarnowa	$y = -0,0221x + 14,236$	$R^2 = 0,007$
Wisłok – Tryńcza	$y = -0,0546x + 13,738$	$R^2 = 0,056$
Młeczka – Gorliczyna	$y = -0,1202x + 17,124$	$R^2 = 0,080$

y – wskaźnik koncentracji,

x – kolejny rok z przedziału 1951–1995 rozumiany jako 1, 2, 3, 4,

R^2 – współczynnik korelacji

9. ZMIANY ODPIYU W WIELOLECIU

Przyjmuje się za udowodnione stwierdzenie, że w zlewniach o warunkach zbliżonych do naturalnych częstość pojawiania się wezbrań, przepływy maksymalne, objętość fal wezbraniowych i inne parametry wezbrań lub niżówek są mniejsze niż w zlewniach o środowisku przekształconym przez człowieka. Literatura dotycząca tych zagadnień jest olbrzymia, brak jest natomiast opracowań syntetyzujących. Skutki zmian w zlewni możemy oceniać głównie na podstawie danych hydrometrycznych, badając odpływ ze zlewni. Narastająca stopniowo lub skokowo antropopresja powinna znaleźć odbicie w obiegu wody, a tym samym zmianom powinien ulec odpływ, jego wielkość i czasowy rozkład. Dla małych zlewni, gdzie stosunkowo łatwiej jest wyodrębnić wpływ składowych środowiska na obieg wody, nie ma wystarczająco długich serii pomiarowych. W zlewniach dużych, dla których istnieją dane wieloletnie, zlewniach o złożonej strukturze środowiska, przekształcenia zachodzą stosunkowo wolno i oprócz czynników przyspieszających obieg wody, zawsze występuje zespół oddziaływań zwalniających obieg wody.

Zlewnia górnej Wisły jest silnie przekształcona przez działalność człowieka. Jest to wynik procesów urbanizacji, uprzemysłowienia, wzrostu gęstości zaludnienia i przemian w rolniczym użytkowaniu zlewni. Wzrost szybkości przekształcania środowiska nastąpił w drugiej połowie XIX wieku. W tym samym czasie lub z niewielkim opóźnieniem rozpoczęto prowadzenie obserwacji hydrometrycznych na głównych rzekach. Rejestrowane były wyłącznie stany wody, co zdecydowanie ogranicza zasób informacji, ale nawet istniejące dane wydają się być słabo wykorzystywane do oceny zmian odpływu ze zlewni. Kluczowymi pytaniami są:

- a) czy ulega zmianom odpływ średni?
- b) czy zmieniają się przepływy maksymalne i przepływy minimalne?

Tendencje zmian odpływu średniego polskich rzek były przedmiotem licznych studiów, ale wyniki są wysoce niejednoznaczne, na co składa się stosowanie różnych technik obliczeniowych i różne długości serii pomiarowych. Ostatnie opracowanie B. Fal (1993) wskazujące na brak zauważalnych tendencji w kształtowaniu się odpływu z obszaru Polski, wykorzystujące najnowsze materiały, jest w pełni wiarygodne i podsumowuje dyskusje na temat zmian średniego rocznego odpływu w ostatnim stuleciu. Autorka przeprowadziła wszechstronną analizę dokumentując dla okresu 1900–1990 brak statystycznie istotnych zmian odpływu i opadu. Stwierdzenie to nie wyklucza oczywiście możliwości występowania regionalnych różnic. Z całą pewnością są zlewnie o silnie niezrównoważonym przebiegu odpływu.

Na obszarze Polski odpływ i przepływ średni roczny jest związany bardzo silnie z liczbą i wielkością wezbrań. Przyjmując za słuszne wnioski B. Fal (1993) o braku zmian w przebiegu odpływu średniego, można przypuszczać, że jest małe prawdopodobieństwo wystąpienia jednoznacznych tendencji zmian przepływów maksymalnych. Ocena zmian przepływów minimalnych nie jest możliwa, z uwagi na przekształcenie przepływów najniższych przez zbiorniki zaporowe w dorzeczu Wisły (Goczałkowice, kaskada Soły, Rożnów) działające już od kilku dziesięcioleci.

W literaturze utrzymuje się pogląd o wzroście częstości i wielkości wezbrań w zlewni Wisły i jej karpaccich dopływów. Pogląd ten wywodzi się z prac J. Punzeta (1972, 1981 i inne prace tego autora), który badał zmiany reżimu wezbraniowego rzek karpaccich wykorzystując długie serie pomiarowe stanów wody. J. Punzet stwierdził, że w części zachodniej dorzecza Wisły, do Dunajca włącznie, w latach 1871–1970 nastąpił *...wzrost częstotliwości pojawiania się wybitnych kulminacji, wzrost amplitudy maksymalnych rocznych stanów wody, zwiększały się kulminacje fal powodziowych...* (Punzet 1972). We wschodniej części zlewni Wisły, w dorzeczach Wisłoki i Sannu, tendencji takich nie stwierdził, a zmiany wiąże z przekształceniami środowiska. Przeciwny do J. Punzeta pogląd sformułowali J. Stachy i H. Nowak (1977), którzy badali zmiany reżimu wezbraniowego wielu rzek w Polsce, a dla Wisły do Dunajca włącznie i stwierdzili *... mamy nieistotne statystycznie a w dodatku ujemne tendencje zmian powodziowości...* Oba przedstawione poglądy w stosunku do zlewni Wisły wraz z Dunajcem są ze sobą sprzeczne.

Powstaje więc pytanie, z jaką tendencją zmian powodziowości mamy do czynienia w zlewni Wisły. Odpowiedź jest możliwa przy wykorzystaniu różnych technik obliczeniowych i testów. Mając na uwadze niejednoznaczność testów należy przyjąć dane wyjściowe i sposoby ich obróbki zbliżone do stosowanych przez cytowanych wcześniej autorów. J. Punzet w pracach nie stosował miar statystycznych opierając się na graficznej ocenie zmian. J. Stachy i H. Nowak analizowali stany wody o prawdopodobieństwie pojawiania się $Q_{50\%}$ badając częstość ich występowania w szeregu czasowym.

9.1. ANALIZA STANÓW WODY

Podstawowy historyczny materiał hydrologiczny to stany wody gromadzone w bazach danych od ponad stu lat. Wykorzystanie stanów wody jako źródła informacji o zmianach reżimu jest trudne. Procesy pogłębiania koryta rzeki, zmiana profilu hydrometrycznego itp. uniemożliwiają bezpośrednio porów-

nianie stanów wody z różnych okresów. Dokumentują to ryciny obrazujące przebieg stanów minimalnych, średnich i maksymalnych zamieszczone w pracach B. Osucha (1991), J. Punzeta (1981) i innych autorów. Dominujący w karpackim dorzeczu Wisły proces pogłębiania koryt (Froehlich 1982; Hennig 1991; Lach 1975, 1984; Łajczak 1999; Soja 1980, 1989, 1994, 1995a; Starkeł 1980) wyklucza możliwość bezpośredniego porównania stanów wody w dłuższych okresach. Z drugiej strony dla długich serii obserwacyjnych dysponujemy jedynie stanami wody, co skłania do prób ich wykorzystania.

Poszukując odpowiedzi na postawione pytanie, o występowaniu lub braku tendencji zmian powodziowości skoncentrowano się na Wiśle do wodowskazu w Szczucinie, który zamyka zlewnię o powierzchni 23 901 km². Badano 100-letnią serię stanów wody. Nieliczne braki w materiale obserwacyjnym uzupełniono ze związku wodowskazów Wisła–Szczucin i Wisła–Ostrówek. Punktem odniesienia był średni roczny stan wody. Stany średnie roczne w Szczucinie zmieniają się z roku na rok, w granicach 50 cm. Do średniego rocznego stanu wody dodawano w pierwszym etapie obliczeń 100 cm i 200 cm w drugim etapie. Procedura ta jest zbliżona do stosowanej przez J. Stachy i H. Nowak (1977). Wartość „stan średni plus 200 cm” odpowiada z pewnym przybliżeniem wodom \bar{Q}_{200} , czyli już wysokim wezbraniom. Pozostaje do rozważenia dość istotna kwestia jednorodności ciągu obserwacyjnego. Dla wodowskazu Wisła–Szczucin proces pogłębiania dna rzeki zachodził dość wolno w latach 1875–1910, co dokumentuje praca J. Punzeta (1981). Od początku prowadzenia systematycznych obserwacji pogłębienie koryta sięgnęło 0,5 m i jest to najniższa wielkość w korycie Wisły do Sandomierza. Od 1910 roku proces pogłębiania koryta jest nieznaczny. Z tytułu pogłębiania lub sztucznego zmieniania przekroju poprzecznego nie należy oczekiwać większych zmian. Drugim czynnikiem mogącym wpłynąć na niestacjonarność ciągu pomiarowego jest zmniejszanie przepływów maksymalnych wezbrań przez zbiorniki zaporowe w dorzeczu górnej Wisły. Wpływ zbiorników jest trudny do oszacowania z uwagi na ich dużą odległość od profilu Wisła–Szczucin, ale przedmiotem analizy nie są wielkości maksymalnych przepływów, tylko liczba dni z wysokimi przepływami. Wpływ zbiorników zaznaczający się obniżeniem przepływu maksymalnego nie ma więc znaczenia, a za wysoce prawdopodobne można przyjąć niewielkie wydłużenie czasu trwania fali wezbrania.

Obliczenia częstości występowania dnia ze stanami „średni roczny + 100” i „średni roczny + 200” wykonano dla lat, półroczy hydrologicznych i miesięcy, mając na uwadze możliwość poszerzenia odpowiedzi o ewentualne tendencje zaznaczające się w odcinkach czasu krótszych niż rok.

Wyniki są następujące.

W ostatnich 100 latach liczba dni z wysokimi stanami wody określanymi „średni roczny + 100” i „średni roczny + 200” systematycznie się zmniejszała. W każdym przypadku (lata, półrocza hydrologiczna i miesiące) otrzymywano ujemne współczynniki regresji. Jedynie dla liczby dni w roku „stan średni + 100” otrzymano zależność na granicy istotności, współczynnik regresji w równaniu wynosi $-0,12$. Dla stu lat daje to zmniejszenie się liczby dni z wyżej określonymi stanami wody o 12, co w przypadku danych z wodowskazu Wisła-Szczucin wynosi prawie 30%. Nie można więc mówić o wzroście, a raczej o spadku częstotliwości wysokich stanów, o zmniejszaniu się powodziowości w dorzeczu Wisły do Szczucina. Jest to zgodne z poglądem wyrażanym przez J. Stachy i H. Nowak (1977). Bardzo blisko granicy istotności znajduje się związek pomiędzy liczbą dni w półroczu zimowym „stan średni + 100”, a osią czasu od 1900 do 1992 roku. Jeżeli dalsze prace potwierdzą istotność tego związku, to wysoce prawdopodobne jest stwierdzenie, że o zmniejszaniu się liczby dni z wysokimi stanami zadecydowały w największym stopniu warunki odpływu w półroczu zimowym, co być może należy wiązać z zanikiem wezbrań pochodzenia zatorowego. W letnim półroczu hydrologicznym stwierdzono wyjątkowo duże rozproszenie, podobnie dla wartości miesięcznych.

Stwierdzenia powyższe są obowiązujące dla Wisły wraz z Dunajcem. W dorzeczu Wisły zbadano także, stosując identyczną technikę, zmiany powodziowości Wisłoki w profilu Łabuzie i Sanu w profilu Radomyśl.

Wisłoka w profilu Łabuzie ma powierzchnię 2546 km^2 . W latach 1893–1993 w tym profilu wystąpiło 1600 dni ze stanami $H_{sr} + 100$, w tym 1084 w półroczu zimowym i 516 w półroczu letnim. Stany $H_{sr} + 200$ wystąpiły w ciągu 293 dni, odpowiednio w półroczach 156 i 137 dni.

Zlewnia Sanu w profilu Radomyśl ma powierzchnię $16\,824 \text{ km}^2$. W obu zlewniach, w ich górskich częściach miały miejsce duże zmiany w użytkowaniu ziemi po 1945 roku. Za przyjęciem tych właśnie zlewni zadecydowały bardzo długie serie obserwacyjne stanów wody, uzyskane z roczników hydrologicznych. Nieliczne braki uzupełniono metodami konwencjonalnymi. Dla wodowskazu San-Radomyśl dokonano przeliczeń z niemetrycznych (cale i stopy wiedeńskie) miar na skalę metryczną. Wyniki obliczeń w pełni potwierdzają stan stwierdzony w zlewni Wisły. Analiza stanów wody nie wskazuje na zmiany częstotliwości i wielkości stanów powodziowych, ani w zakresie liczby dni, ani w zakresie czasu trwania stanów wysokich w latach, półroczach hydrologicznych i miesiącach. Dotyczy to wartości maksy-

małnych rocznych, liczby dni z wysokimi stanami wody w półroczach hydrologicznych. Jest to raczej zmniejszenie się częstości stanów wysokich niż wzrost częstości.

Stany wody w sposób oczywisty nawiązują do opadów. W długich seriach pomiarowych należałoby oczekiwać zbieżności tendencji stanów i opadów lub przepływów, przy założeniu, że inne, np. antropogeniczne czynniki modyfikujące obieg wody w zlewni mają mniejszy wpływ. Długookresowe tendencje w występowaniu opadów były przedmiotem wielu studiów (Gutry-Korycka, Boryczka 1990; Trepińska 1988; Brazdil 1991). W Karpatach według B. Obrębskiej-Starkłowej i in. (1994) nie stwierdzono żadnych istotnych statystycznie tendencji opadów w ostatnim stuleciu. Podstawą takiego wniosku była tzw. krakowska seria opadowa, sięgająca 1850 roku. W literaturze cytowane są wyniki różnych prac wykazujące tendencje zmian opadów w okresach letnich, jesiennych, czy zimowych. Autorzy nie znaleźli takich zmian w odniesieniu do polskich Karpat. Używając metody średnich ruchomych wyznaczono krótkie okresy większych i mniejszych opadów, nie są one jednak istotne dla całych Karpat. Wniosek ten pozwala na pominięcie zmian opadów. Podobnie niepewne wyniki uzyskano badając tendencje temperatury powietrza. Można więc przyjąć, że czynniki klimatyczne w Karpatach wpływające na obieg wody, nie uległy w ostatnim stuleciu zmianom, które można uznać za udowodnione.

Na podstawie analizy stanów wody w trzech profilach wodowskazowych obejmujących główne rzeki karpackie można przyjąć za wysoce prawdopodobny pogląd o zmniejszaniu się powodziowości w ostatnim stuleciu. Przemawiają za tym wyniki przeprowadzonej analizy, jak również wnioski, jakie można wysnuć z prac B. Fal (1993) oraz E. Bogdanowicz i J. Stachy'ego (1995) wskazujących na brak zmian odpływu i opadu na obszarze Polski. Przyczyny zmniejszania się częstości występowania wysokich stanów wody w Wiśle, a więc istotnej zmiany reżimu hydrologicznego rzeki, upatrywać można w wielu czynnikach. Wskazanie decydujących czynników nie jest możliwe.

Dla krótszych i celowo dobieranych odcinków czasu otrzymać można dodatnie tendencje zmian odpływu, np. dekada lat 70. Wyrównywanie następuje wraz z wydłużeniem serii pomiarowej. Faktem jest, że w ostatnim dwudziestolecie na górnej Wiśle nie występowały wysokie wezbrania, co może rzutować na wielkość ujemnego współczynnika regresji. Podobne wyniki, otrzymane przez J. Stachy i H. Nowak (1977) dla okresu 1900–1970 wskazują jednak na utrwalony proces. Geneza zjawiska nie jest udokumentowa-

na. Można wykluczyć (prawie na pewno) uwarunkowania klimatyczne. Pozostaje więc antropogeniczna przyczyna zmian warunków formowania odpływu. W ostatnich dziesięcioleciach w Karpatach miały miejsce szybkie i wielkoskalowe zmiany użytkowania ziemi, na co wskazywał już J. Punzet (1972) i w tym kierunku powinny być prowadzone prace zmierzające do wyjaśnienia procesu przekształcania reżimu hydrologicznego.

9.2. ANALIZA ODPLYWU

W dyskusji nad zmianami odpływu w wieloleciu podnoszone są najczęściej dwa zagadnienia: jednorodności serii pomiarowej i metodyki obliczania zmian. Jednorodność serii pomiarowej wydaje się być w hydrologii obszarów zasiedlonych przez człowieka pojęciem dosyć szczególnym. W zapisie hydrometrycznym mamy bowiem całość oddziaływań człowieka i warunków naturalnych. Pewne składowe, od człowieka niezależne, są w mniejszej lub większej mierze pośrednio modyfikowane. Mamy świadomość, że w ciągu ostatnich 200 lat wpływ człowieka na obieg wody był bardzo silny, a jeśli tak, to jest on zapisany w seriach obserwacyjnych. Wyodrębnienie wpływu człowieka czasem jest możliwe, ale nie w postaci pierwotnej tylko mocno przekształconej. Serie w pełni jednorodne, czyli takie, w których środowisko nie ulegało zmianom, są prawdopodobnie bardzo rzadkie i z całą pewnością nie ma ich co szukać w Karpatach. Trzeba wykorzystywać zgromadzone dane, mając świadomość pewnych ograniczeń wnioskania.

Drugie z wymienionych zagadnień, czyli metodyka obliczania zmian jest tematem zbyt obszernym, aby w niniejszej pracy można go było rozważać. Stosowane są różne metody, od prostej analizy wykresów stanów wody do złożonych procedur statystycznych. Najczęściej była wykorzystywana metoda równań regresji – do oceny przebiegu przepływów charakterystycznych, parametrów czy wskaźników opisujących stan zlewni. Zastosowanie tej metody wiąże się zawsze z pewnymi wątpliwościami, wynikającymi z złożoności procesów przyrodniczych, którą chcemy maksymalnie uprościć.

Wydaje się, że pierwsze publikacje w polskiej literaturze, w których zastosowano równania trendu do oceny zmian odpływu, to prace J. Stachy'ego (Stachy 1968, 1970, 1972). Od tego czasu metodę tę wykorzystywano wielokrotnie, obliczając najczęściej równania dla długich serii. Jak w każdej metodzie wykorzystującej statystykę, jednym z trudniejszych problemów jest ocena istotności otrzymanych wyników. Nie jest to problem, który można jednoznacznie i ostatecznie rozwiązać, jeśli pamięta się o złożoności proce-

sów hydrologicznych. Wątpliwości dostarcza prawie każda praca wykorzystująca równania trendu.

Przykładem publikacji, w której znaleźć można zupełnie nowe podejścia, jest praca dotycząca zmian reżimu wezbraniowego autorstwa E. Bogdanowicz i J. Stachy'ego (1995). Autorzy, zgodnie z regułami stosowania równań trendu, oceniają istotność zdarzeń na tradycyjnie przyjmowanym poziomie istotności 0,05. Badając tendencje zmian przepływów maksymalnych, średnich, parametrów opisujących odpływ (np. stosunek WQ/SQ) dla długich, liczących 70 i więcej lat serii pomiarowych otrzymywano najczęściej nieistotne statystycznie wyniki, ale o jednoznacznej przewadze tendencji ujemnych. Ujemne współczynniki regresji w równaniach, wskazujące na zmniejszanie się np. przepływów maksymalnych, obejmują zdecydowaną większość posterunków wodowskazowych. Na 12 posterunków wodowskazowych, w 10 przypadkach otrzymano ujemną wartość współczynnika regresji wskazującą na zmniejszanie się przepływów, ale wielkości te nie są statystycznie istotne i jako takie nie powinny być brane pod uwagę w jakichkolwiek dalszych rozważaniach. E. Bogdanowicz i J. Stachy (1995) stwierdzają, że dominacja ujemnych tendencji *....świadczy o pewnej ogólnej prawidłowości, która nie może być nie zauważona...* Nieistotne statystycznie, ujemne wartości współczynników regresji, w równaniach trendu wraz z innymi parametrami tworzą spójny obraz zmian reżimu wezbraniowego, stając się jeszcze jednym, pośrednim ale ważnym dowodem. W ten sposób nieistotne statystycznie wyniki stają się podstawą ważnych i wysoce prawdopodobnych wniosków. Jest to spostrzeżenie, które w pewien sposób sankcjonuje stan jaki był już spotykany w literaturze. Przyczyną nieistotności wyników o jednoznacznej dla dużego obszaru tendencji ujemnej jest zapewne przyjęcie zbyt wysokiego poziomu istotności, czyli 0,05. Można przypuszczać, że na poziomie 0,1 większość lub wszystkie równania można uznać za istotne. Przyjęcie natomiast wartości 0,05, której stosowanie uzasadnia powszechna praktyka (co daje możliwość porównań z wynikami innych autorów) może okazać się niewłaściwe.

9.3. TENDENCJE ZMIAN ODPLYWU

Dyskusja nad tendencjami zmian odpływu wezbraniowego w Karpatach rozpoczęła się od prac J. Punzeta (1972, 1973) i zawsze była wznawiana po wielkich powodziach w karpackich zlewniach. W dwu pracach J. Punzet (1972, 1973) sformułował tezę o wzroście powodziowości rzek karpackich wyrażonym wzrostem amplitudy maksymalnych rocznych stanów wody, zwłaszcza w latach 1921–1970, wzroście wielkości kulminacji fal i często-

ści pojawiania się fal wezbraniowych. Pogląd ten został zakwestionowany przez J. Stachy'ego, H. Nowaka (1977). Udokumentowali oni brak zmian reżimu wezbraniowego wobec 10 rzek południowej Polski. Mimo istnienia prac publikowanych, wskazujących na brak zmian reżimu wezbraniowego, pogląd o wzroście powodziowości, zwłaszcza w kręgach geograficznych, utrzymywał się skutecznie. Ostatnie prace dotyczące tego zagadnienia nie pozostawiają wątpliwości, że w skali Polski nie ma tendencji zmian reżimu wezbraniowego (Bogdanowicz, Stachy 1995). W cytowanej wyżej pracy obejmującej także całe dorzecze Wisły, z obszaru Karpat przeanalizowano dane z 7 zlewni o powierzchni do 580 km², stwierdzając tylko dla Białego Dunajca w Zakopanem dodatnią tendencję wezbraniową w latach 1921–1992. Aby wyjaśnić, czy w karpackiej części dorzecza Wisły, w większych zlewniach występują zmiany powodziowości, wykonano szczegółową analizę tendencji odpływu wykorzystując metodę regresji. Za okres podstawowy przyjęto lata 1951–1995. Wydaje się, że jest to okres wystarczająco długi, zróżnicowany, z występowaniem szeregu wielkich wezbrań i okresów posusznych. Do analizy wzięto dane z 22 wodowskazów, w tym z 17 wodowskazów zamykających zlewnie karpackie. Uwzględniono także wodowskazy na Wiśle: Skoczów i kolejno Nowy Bieruń, Jagodniki, Szczucin, Sandomierz, Zawichost. Trzy zlewnie o zbliżonej wielkości odwadniają obszar pogórski: Wielopolka, Mlecza, Uszwica.

Materiałem wyjściowym były przepływy średnie, minimalne i maksymalne miesięczne. Obliczono 990 równań regresji dla kolejnych miesięcy roku hydrologicznego, półroczy hydrologicznych i wartości rocznych. Otrzymano wyniki, jakich należało się spodziewać. Równania są najczęściej nieistotne statystycznie, co jest konsekwencją naturalnej zmienności przepływów typowej dla Karpat. Tylko kilka równań ma współczynniki korelacji R^2 wskazujące na możliwość istotności statystycznej.

Wyniki analizy są następujące. W ogólnym zbiorze wszystkich miesięcy, procentowy udział miesięcy z tendencją dodatnią, a więc wskazującą na wzrost przepływów uzyskano w Karpatach: dla wielkich wód – 42% z tendencją dodatnią i 58% z tendencją ujemną, wskazującą na spadek wielkości przepływów. Dla średnich przepływów – 52% stanowi tendencja dodatnia i 48% tendencja ujemna. Dla niskich wód 55% wykazuje tendencję dodatnią i 45% ujemną. Przytoczone liczby wykazują na dosyć wyrównany układ. Różnice procentowego udziału sięgają 16% w przypadku wielkich wód i tylko 4% w przypadku wód średnich.

Tabela 11. Współczynniki regresji w równaniach trendu przepływów w latach 1951–1995

Rzeka – posterunek	WQ			SQ			NQ		
	Z	L	R	Z	L	R	Z	L	R
Skawa – Wadowice	-0,0027	-0,0182	-0,0222	0,0141	-0,0025	0,0005	0,0001	-0,0934	-0,0254
Uswicza – Borzęcin	-0,0538	-0,0469	-0,0821	-0,0049	-0,0363	-0,0422	0,0058	0,0001	0,0154
Biała – Koszyce	-0,0505	-0,0003	-0,0104	0,0224	0,0076	0,0259	0,0685	0,0023	0,0222
Raba – Proszówki	-0,0978	-0,0701	-0,0859	-0,0099	-0,0400	-0,0491	0,0042	-0,0497	-0,0155
Dunajec – Zabno	-0,0150	-0,0432	-0,0501	-0,0031	-0,0141	-0,0185	0,1870	0,0544	0,1983
Sola – Oświęcim	-0,0127	-0,0583	-0,0501	-0,0850	-0,1421	-0,2277	-0,0113	-0,1240	-0,0333
Itownica – Czechowice	-0,0163	-0,1093	-0,0948	-0,0049	-0,0169	-0,0199	0,1731	0,2020	0,2794
Wisłoka – Mielec	-0,0505	-0,0003	-0,0104	0,0224	0,0076	0,0259	0,0685	0,0023	0,0222
Wisłok – Zarnowa	-0,1311	0,0007	-0,0206	-0,0312	0,0006	-0,0122	0,0442	0,0016	0,0217
Młeczka – Gorliczyna	-0,1046	0,0376	0,0084	-0,0168	0,0032	-0,0024	0,0049	0,0049	0,3581
Oslawa – Zagórz	-0,0538	-0,0010	-0,0608	0,0001	0,0282	0,0235	-0,0461	0,0136	0,0258
Wiar – Krówniki	-0,2220	0,0126	-0,0016	-0,0808	0,0019	-0,0121	0,0066	0,0273	0,0489
Ropa – Kłęczany	-0,1535	0,0050	-0,0012	0,0097	0,0215	0,0299	-0,0003	0,0250	0,0359
Wielopolka – Brzeźnica	-0,1992	-0,0342	-0,1672	-0,0201	-0,0013	-0,0144	0,0659	0,0088	0,0294
San – Radomyśl	-0,1740	-0,0012	-0,0399	-0,0039	0,0043	0,0002	0,1911	0,1804	0,3306
Dunajec – Nowy Sącz	-0,0049	-0,0149	-0,0240	0,0060	0,0031	0,0067	-0,0003	0,0048	0,0136
Wisła – Skoczów	-0,0001	-0,0559	-0,0485	0,1453	-0,0133	0,0162	0,0109	-0,0065	0,0040
Wisła – Nowy Bieruń	-0,3346	-0,1664	-0,1916	-0,0401	-0,0325	-0,0651	0,5115	0,5495	0,5856
Wisła – Jagodniki	-0,1647	-0,0507	-0,0801	-0,0514	-0,0645	-0,1069	0,1610	0,0885	0,2087
Wisła – Szczucin	-0,1200	-0,0367	-0,0713	-0,0159	-0,0211	-0,0375	0,1333	0,0396	0,1854
Wisła – Sandomierz	-0,2026	-0,0212	-0,0760	-0,0204	-0,0098	-0,0274	0,1500	0,0494	0,2836
Wisła – Zawichost	-0,1063	-0,0008	-0,0087	-0,0216	-0,0035	-0,0188	0,0442	0,0275	0,1588
Przemsza – Jeleń	-0,1335	0,0107	-0,0743	0,0375	0,0262	0,0413	0,2440	0,2428	0,3535

WQ – przepływy maksymalne miesięczne, SQ – przepływy średnie miesięczne, NQ – przepływy minimalne miesięczne, Z – półrocze zimowe, L – półrocze letnie, R – wartości roczne.

Tabela 12. Zestawienie zbiorcze dodatnich i ujemnych tendencji przepływów rzek karpackich i Wisły do Zawichostu w latach 1951–1995

Przepływy	Okres	Ujemne	Dodatnie
WQ	Zima	17 (22)	0 (0)
	Lato	13 (18)	4 (4)
	Rok	16 (21)	1 (1)
SQ	Zima	10 (15)	7 (7)
	Lato	8 (13)	9 (9)
	Rok	9 (14)	8 (8)
NQ	Zima	4 (4)	13 (18)
	Lato	4 (4)	13 (18)
	Rok	4 (4)	13 (18)

W nawiasach dane dla wodowskazów na Wiśle

9.4. PRZEPLÝWY MAKSYMALNE

Zdecydowanie ciekawsze wyniki daje analiza tendencji w przepływach maksymalnych, w odniesieniu do półroczy hydrologicznych (tab. 11 i 12). W zlewniach karpackich nie wystąpiła tendencja wzrostowa w żadnym profilu wodowskazowym, w zakresie wielkich wód w zimowym półroczu hydrologicznym. Wszystkie 17 wodowskazów w tym półroczu wykazało tendencję ujemną. Wielkie wody w letnim półroczu hydrologicznym w 13 posterunkach wykazały tendencję ujemną, a tylko w 4 dodatnią (Wisłok, Mlecza, Ropa, Wiar). W wartościach rocznych wielkie wody w 16 przypadkach wykazały tendencję ujemną, co potwierdza wniosek wyprowadzony z wielu innych przesłanek o wyraźnym spadku wielkich wód w Karpatach, a jedynie Mlecza ma tendencję dodatnią. Gdyby wziąć pod uwagę także posterunki wiślane, to udział ten wzrasta, bo wszystkie wiślane posterunki mają jednoznacznie ujemną tendencję występowania wielkich wód.

9.5. PRZEPLÝWY ŚREDNIE

W przeciwieństwie do wielkich wód, przepływy średnie w półroczach hydrologicznych nie są zróżnicowane. W zimowym półroczu tendencję dodatnią wykazano w 7 posterunkach, a ujemną w 10. Trudno określić przestrzenne zgrupowanie rzek o dodatnich czy ujemnych tendencjach w odpływie średnim. W półroczu letnim tendencję ujemną stwierdzono w 8 posterunkach, a w 9 – dodatnią. W przypadku przepływów średnich rocznych w 8 posterunkach tendencja była dodatnia, w 9 – ujemna.

9.6. PRZEPIŁYWY MINIMALNE

W przypadku wód niskich zdecydowanie przeważa układ przeciwny do wód wysokich. W półroczu zimowym, półroczu letnim i dla wartości najniższych rocznych w 13 posterunkach występuje tendencja dodatnia sygnalizująca wzrost przepływów, a tylko w 4 posterunkach tendencja ujemna sygnalizująca spadek przepływów najniższych. Dla półroczu zimowego są to posterunki: Ropa–Klęczany, Osława–Zagórz, Soła–Oświęcim, Dunajec–Nowy Sącz, a dla półroczu letniego: Raba–Proszówki, Soła–Oświęcim, Skawa–Wadowice, Wisła–Skoczów. Dla przepływów minimalnych rocznych: Raba–Proszówki, Soła–Oświęcim, Skawa–Wadowice, Dunajec–Nowy Sącz.

Można wskazać wyraźne prawidłowości tendencji w odniesieniu do przepływów charakterystycznych. Przepływy najwyższe mają tendencję spadkową, przepływy średnie nie są jednoznacznie zorientowane, natomiast przepływy najniższe mają wyraźną tendencję dodatnią.

10. PODSUMOWANIE

Formułując pytania dotyczące zmian obiegu wody w Karpatach pod wpływem działalności człowieka nie oczekiwano łatwych i prostych odpowiedzi. Dyskusja nad rolą lasu w obiegu wody jest najlepszym przykładem złożoności zagadnienia. Oceny o charakterze jakościowym wyprowadzane na podstawie wyników badań w małych zlewniach, na poletkach doświadczalnych, są z reguły słuszne. Oceny ilościowe wpływu użytkowania ziemi na obieg wody wyprowadzane na tej samej drodze wymagają zastosowania korekty, uwzględniającej złożoność procesów hydrologicznych nawet w najmniejszej zlewni w stosunku do jej wycinka jakim jest pole ziemniaków czy pole zboża. Dotychczas nie znaleziono procedury pozwalającej na proste przejście od badań doświadczalnych do szerokoprzestrzennych. Taką możliwość stwarza modelowanie matematyczne procesów hydrologicznych, które przez wiele lat wydawało się jedyną drogą do rozwiązania problemu. Z uwagi na jakość materiałów wyjściowych lub ich zupełny brak, wyniki otrzymywane na drodze modelowania nie spełniają pokładanych w nich oczekiwań i zapewne niewiele się zmieni do czasu kiedy jakość, dokładność i zasób danych podstawowych nie ulegnie znaczącej poprawie. Jest to jednak dosyć odległa perspektywa. Pozostają więc drogi pośrednie – studia nad obiegiem wody, w których nie zawsze można oczekiwać w pełni satysfakcjonujących odpowiedzi.

Przeprowadzona wielokierunkowa analiza stosunków wodnych w Karpatach wskazuje na kilka problemów, które, na podstawie badań własnych i literatury przedmiotu, można uznać za rozwiązane. Nie budzi wątpliwości sprawa wzrostu lub spadku powodziowości rzek karpackich. Na podstawie szczegółowej analizy odpływu wszystkich ważniejszych rzek w zlewni górnej Wisły należy stwierdzić, że w ostatnim stuleciu nie wzrastał potencjał powodziowy. W ostatnim półwieczu obserwujemy wyraźny spadek powodziowości, mimo że w końcowych latach XX wieku wystąpiły duże i groźne wezbrania. W ostatnim wieku i w ostatnim półwieczu można raczej mówić o zmniejszeniu się potencjału powodziowego rzek karpackich i całej Wisły do Zawichostu. Wniosek ten, zgodny z wynikami prac dotyczących tego zagadnienia w skali całej Polski jest bardzo ważny, ponieważ zamyka wieloletnią dyskusję nad wzrostem częstości wezbrań i wzrostem amplitudy wezbrań. Równocześnie jest to argument ważny od strony przyrodniczej. Nie zmieniły się warunki klimatyczne w ostatnich 100 czy 50 latach, a potencjał powodziowy rzek zmniejsza się lub pozostaje na jednakowym poziomie. Wzajemny układ tendencji przepływów maksymalnych, przepływów średnich i przepływów minimalnych w rzekach karpackich w latach 1951–1995 tworzy logiczną i spójną

całość. Przepływy maksymalne, będące wskaźnikiem zjawisk powodziowych, wykazują tendencje malejące. Przepływy średnie świadczące o ilości odprowadzanej z Karpat wody nie wykazują wyraźnej orientacji, w połowie rzek wykazują tendencję dodatnią, a w drugiej połowie rzek tendencję ujemną. Przepływy minimalne wykazują tendencje przeciwstawne do przepływów maksymalnych: są zdecydowanie dodatnie. Na wzrost przepływów minimalnych wpływa regulacyjne oddziaływanie zbiorników retencyjnych. Argument ten jest słuszny tylko częściowo, ponieważ rzeki, ich odcinki pozbawione zbiorników retencyjnych, lub tam gdzie zbiorniki działają bardzo krótko, także wykazują tendencje dodatnie. Można przyjąć, że w Karpatach nastąpił wzrost przepływów minimalnych, z pewnym znaczącym oddziaływaniem zbiorników retencyjnych. Generalna tendencja przekształcania odpływu była więc bardzo korzystna dla gospodarki wodnej i dla funkcjonowania geоекосystemów.

Nie potwierdzono hipotezy o zmianie reżimu hydrologicznego rzek karpackich, rozumianego jako zmienność odpływu w rocznym cyklu hydrologicznym. W latach 1951–1995 nie wystąpiły istotne zmiany odpływu wyrażające się zwiększeniem odpływu letniego kosztem zimowego lub odwrotnie. Użyty do tego celu wskaźnik koncentracji odpływu jest miarą, która w hydrologii może mieć szerokie zastosowanie do charakterystyk ilościowych reżimów rzek. Cechą korzystną wskaźnika jest jego liczbowy wymiar, umożliwiający bezpośrednie porównywanie zlewni. Nie znaleziono także śladów cykliczności (rozumianej jako periodyczność) w odpływie rzek karpackich. Pojawiający się powszechnie cykl 3,5-letni o nieznanym genezie występuje w wielu zlewniach na świecie i nie może być uznany za jakikolwiek przejaw antropopresji.

W kontekście pracy wielokrotnie pojawia się sprawa istotności otrzymanych wyników. Zakładając, że sformułowana została poprawnie hipoteza, którą weryfikujemy za pomocą różnych metod statystycznych, zawsze trzeba postawić pytanie o przyrodniczy, a nie statystyczny sens otrzymanego wyniku. Statystycznie istotny wynik wskazujący na wzrost odpływu np. Wisły w Tczewie o 5 litrów czy 5 m^3 za ostatnie 100 lat nie ma żadnego sensu przyrodniczego. Rozróżnienie istotności statystycznej i przyrodniczej otrzymanych wyników wydaje się być kluczowe wobec wielu nieporozumień zdarzających się na gruncie statystycznym.

Powyższe uwagi odnoszą do Karpat jako całości. W pojedynczych zlewniach stwierdzano tendencje odmienne od najczęściej występujących, co nie zmienia ogólnego obrazu. Można próbować odnajdywać genezę odmienn-

ści, wyjaśniać stan rzeczy warunkami lokalnymi (Bogdanowicz, Stachy 1995), wielkimi i gwałtownymi zmianami w użytkowaniu ziemi (Soja 1988), wpływem budowli hydrotechnicznych itp.

Analiza stanu środowiska w Karpatach wykonana z wykorzystaniem programu GIS-u pozwoliła na wydzielenie regionów fizycznogeograficznych i zlewni o największych przekształceniach środowiska. Załączone mapy i zestawienia dokumentują zmienność przestrzenną regionów i zlewni. Użyty współczynnik antropopresji skonstruowany na bazie już istniejących rozwiązań pozwala na ocenę stopnia przekształcenia środowiska. Najbardziej przekształconymi regionami fizycznogeograficznymi w Karpatach są pogórza i wklęsłe formy terenu. Regiony beskidzkie, o większych wysokościach nad poziom morza, stromych stokach i szkieletowych glebach należą głównie do regionów o najniższym współczynniku antropopresji. Wśród zlewni karpackich najbardziej przekształcone środowisko ma zlewnia Wisłoka, z małym udziałem obszarów o typowej rzeźbie beskidzkiej, przewadze rolniczego użytkowania i niskim zalesieniu. Do klasy zlewni najbardziej przekształconych należy także zlewnia Wisły, w jej karpackiej części, o czym decyduje silne przekształcenie środowiska w obszarze pogórskim, a także zlewnie małych dopływów Wisły uchodzące do niej w obszarze Kotliny Sandomierskiej. Dwie największe zlewnie karpackie: Dunajca i Sanu, należą do zlewni o najmniejszym stopniu przekształcenia obiegu wody. W zlewni Dunajca obszary pogórskie, nisko położone i silnie zagospodarowane rolniczo zajmują małą powierzchnię. Zlewnia Sanu jest wybitnie i przeciwstawnie dwudzielna. W części północnej, na Pogórzu Dynowskim, stopień przekształcenia środowiska jest bardzo duży, o czym świadczą materiały statystyczne na poziomie gmin. W części południowej mamy do czynienia ze słabą ingerencją człowieka.

Środowisko Karpat, wielkiego i ważnego regionu fizycznogeograficznego, który decyduje o zasobach wodnych Wisły, a tym samym znacznej części Polski, podlega przekształcaniu w wyniku procesów naturalnych, na które nakłada się działalność człowieka. Stosunki wodne zostały w Karpatach bardzo silnie przekształcone w ciągu ostatnich dwu wieków, a tendencje w ostatnim 10-leciu mają korzystny kierunek, wynikający z mniejszej aktywności gospodarczej i rozbudowy systemów chroniących hydrosferę. Procesy te obejmują już nie tylko pojedyncze regiony, a całą jednostkę. Wycofywanie się rolnictwa z wyżej położonych obszarów, wzrost powierzchni zalesionych a w pewnej mierze także wzrost świadomości użytkowników środowiska rysuje korzystną perspektywę na najbliższe lata. W tej sytuacji odpowiedź na pytanie o oddziaływaniu człowieka na obieg wody, o jego ilościowy wymiar,

nabiera nowego znaczenia. W wieku XX badano wpływ wylesienia na stosunki wodne, w wieku XXI możliwe jest odwrócenie tej kwestii i częstsze poszukiwanie odpowiedzi na pytanie, czy ewentualny wzrost odpływu jest wynikiem zmian użytkowania ziemi, globalnych zmian klimatycznych czy jeszcze innych, dzisiaj niesprecyzowanych czynników.

LITERATURA

- Absalon D., Czaja S., Jankowski A.T., Kanok J., Kriz V., 1997, *Trends of the river runoff in the Upper Oder basin*, Acta Facultatis Rerum Naturalium, Universitas Ostraviensis, Geographia-Geologia, 2, 167, s. 47–86.
- Adamczyk B., Maciaszek W., Januszek K., 1973, *Gleby gromady Szymbark i ich wartość użytkowa*, Dokum. Geogr., 1, s. 15–72.
- Atlas hydrologiczny Polski*, 1986, IMGW, Wyd. Geologiczne.
- Bac S., 1965, *Wpływ lesistości i gleb na opad i odpływ w regionach hydrograficznych Polski*, Pr. i St. Kom. Inż. i Gosp. Wodnej, 7.
- Balon J., German K., Kozak J., Malara H., Widacki W., Ziaja W., 1995, *Regiony fizycznogeograficzne*, [w:] J. Warszyńska (red.), *Karpaty Polskie*, Wyd. UJ, Kraków, s. 117–130.
- Bański J., 1997, *Przemiany rolniczego użytkowania ziemi w Polsce w latach 1975–1988*, Prace Geogr., 168, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Bardzik A., 1993, *Symulacja obiegu wody w zlewni rolniczej dla oceny wpływu użytkowania gleby na bilans wodny*, Monografia, 145, Wyd. PK, Kraków.
- Berner E.K., Berner R.A., 1987, *The Global water cycle: Geochemistry, and Environment*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York.
- Biswas A.K., 1978, *Historia hydrologii*, PWN, Warszawa.
- Blackie J.R., Ford E.D., Horne J.E.M., Kinsman D.J.J., Last F.T., Moorhouse P., 1990, *Environmental effects of deforestation. An annotated bibliography*. Freshwater biological association, Occasional Publ. 10, NERC, Wallingford.
- Bogdanowicz E., Stachy J., 1995, *Zmiany reżymu wezbraniowego w Polsce. Domysły czy prawda?* Wiad. IMGW, 2.
- Boryczka J., 1984, *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu*, Rozpr. UW, 234, Warszawa.
- 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII–XXI wieku*, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kicińska B., Żmudzka E., 1992, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce. Zmiany wiekowe klimatu Polski*, 7, Wyd. UW, Warszawa.
- Boryczka J., Więckowski K., Wicik B., 1989, *Holocene climatic changes in the light of statistical analysis of laminated sediments from Gościąż Lake*, Zesz. Nauk. Polit. Śląskiej, Matematyka–Fizyka, 57, Geochronometria, 5, Gliwice.
- Bras R. (red), 1992, *The world at risk: Natural Hazards and climate change*, AIP Conference Proceedings, 277, American Institute of Physics, Cambridge, MA.
- Brazdil R., 1991, *Kolisanie vybranych meteorologicckych prvku vo stredi Evrope v období pristrojovych pozorovani*, Narodni Klimaticky Program CSRR, 2, Praha, s. 1–56.
- Buczek K., 1960, *Ziemie polskie przed tysiącem lat (Zarys geograficzno-historyczny)*, Prace Kom. Nauk Hist. PAN, 5, Kraków.

- Chahine M., 1992, *The hydrological cycle and its influence on climate*, Nature, 359, s. 373–380.
- Chełmicki W., Skąpski R., Soja R., 1999, *Reżim hydrologiczny rzek karpackich w Polsce*, Folia Geogr., Geogr.-Phys., Kom. Nauk Geogr. PAN, Kraków, 29/30, s. 67–81.
- Cyberski J., 1995, *Współczesne i prognozowane zmiany bilansu wodnego i jego rola w kształtowaniu zasolenia wód Bałtyku*, Rozprawy i monografie, 206, Wyd. Uniw. Gdańskiego, Gdańsk.
- 1998, *Zakres antropogenicznych zmian odpływu w zlewisku Morza Bałtyckiego w XX wieku*, [w:] A. Magnuszewski, U. Soczyńska (red.), *Hydrologia u progu XXI wieku*, PTG, Komisja Hydrologiczna, UW, Warszawa, s. 93–102.
- Cymbarewski B., 1984, *Zegary biologiczne*, PWN, Warszawa.
- Czaja S., 1981, *Wpływ użytkowania ziemi na reżim odpływu potoków Smolak i Gabańka*, Geogr. Studia et Dissertationes, 5, Katowice.
- 1999, *Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej)*, Prace Naukowe UŚ, 1782, 188 ss.
- Degirmendzic J., 1995, *Quasi-miesięczne cykliczne wahania temperatury powietrza*, Przegl. Geofiz., 40, 3, s. 323–326.
- Degórski M., 1984, *Porównanie stopnia kontynentalizmu w Polsce określonego metodą klimatologiczną i bioindykacyjną*, Przegl. Geogr., 56, 3–4, s. 55–73.
- Dębski K., 1951, *Wpływ lasu na stosunki hydrologiczne*, Wiad. Sl. Hydr. i Meteo., 2, 4–5.
- Dingman L.S., 1978, *Drainage density and streamflow: a closer look*, Water Res. Research, 14, 6, s.1183–1187.
- Długosz Z., Soja M., 1995, *Ludność*, [w:] J. Warszńska (red.), *Karpaty Polskie*, Wyd. UJ, Kraków, s. 209–217.
- Dobroumow B.M., Ustiużanin B.S., 1980, *Preobrazowanie wodnych rezerwów i reżima riek centra ETS*, Gidrometeoizdat, Leningrad, s. 230.
- Drużkowski M., 1998, *Współczesna dynamika, funkcjonowanie i przemiany krajobrazu Pogórza Karpackiego*, Wyd. Inst. Botaniki UJ, Kraków, 285 ss.
- Dubrowin T., 1956, *Oddziaływanie lasu na odpływ w zlewni Dunajca*, Gosp. Wodna, 9.
- Dynowska I., 1971, *Typy reżimów rzecznych w Polsce*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geogr., 28, Prace IG UJ 50, Kraków, 155 ss.
- 1976, *Gęstość sieci rzecznej jako wskaźnik zasilania rzek*, Zesz. Nauk. Polit. Krak., 3, Bud. Wodne i Inż. San., 24, s. 71–92, Kraków.
- 1984, *Zmiana reżimu odpływu w wyniku oddziaływania zbiorników retencyjnych*, Czasop. Geogr., 55, 3, s. 301–315.
- 1988, *Przemiany stosunków wodnych*, [w:] L. Starkel (red.), *Przemiany środowiska geograficznego Polski*, Ossolineum, Warszawa.
- Dynowska I. (red.), 1993, *Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*, Wyd. UJ, Kraków, 462 ss.

- Dynowska I., Jankowski J., Soja R., 1985, *Metody oceny wpływu gospodarczej działalności człowieka na odpływ*, Folia Geogr., ser. geogr.-phys., 17, Kom. Nauk. Geogr PAN, Kraków, s. 105–120.
- Dynowska I., Maciejewski M., (red.), 1991, *Dorzecze górnej Wisły*, część I, II, PWN, Warszawa-Kraków.
- Ewert A., 1972, *O obliczaniu kontynentalizmu termicznego klimatu*, Przegl. Geogr. 44, 2, s. 273–288.
- Fabijanowski J., 1980, *Znaczenia lasów górskich i ich zagospodarowanie dla racjonalnej gospodarki wodą*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 235, s. 43–57.
- Fabijanowski J., Jaworski A., 1995, *Gospodarstwo leśne*, [w:] J. Warszyńska (red.), *Karpaty Polskie*, Wyd. UJ, Kraków, s. 253–264.
- Fabijanowski J., Jaworski A., Wałęcki M., 1981, *Rola lasów w zagospodarowaniu otoczenia zbiornika wodnego w Roznowie z uwzględnieniem postulatów ochronnych i krajobrazowych*, Probl. Zagosp. Ziem Górskich, 21, s. 61–100.
- Fal B., 1993, *Zmienność odpływu z obszaru Polski w bieżącym stuleciu*, Wiad. IMGW, 16(37), 3, s. 3–20.
- Figuła K., 1953, *Z prac nad gospodarką wodną pastwisk górskich*, Roczn. Nauk Roln. 66-A-2, s. 179–181.
- 1958, *Badania nad gospodarką wodną górskich użytków zielonych*, Roczn. Nauk Roln., 72, ser. F, 3, s. 1131–1187.
 - 1965a, *Przestrzenne zagospodarowanie zlewni górskich jako zagadnienie melioracyjne*, Zesz. Nauk WSR, 24, 2, Kraków s. 279–292.
 - 1965b, *Wyniki badań nad wpływem lasu na stosunki hydrologiczne w górach*, Zesz. Kom. Zagosp. Ziem Górskich, PAN, 9, s. 9–23.
 - 1966, *Badania nad gospodarką wodną zlewni górskich zalesionych i niezalesionych*, Roczn. Nauk Roln., seria D, 118 ss.
- Froehlich W., 1982, *Mechanizm transportu fluwialnego koryt karpaccich dopływów Wisły*, Pr. Geogr. IGiPZ PAN, 143.
- Froehlich W., Higgitt D.L., Walling D.E., 1993, *The use of caesium – 137 to investigate soil erosion and sediment delivery from cultivated slopes in the Polish Carpathians*, [w:] S. Wicherek (red.), *Land erosion, Proceedings of the International symposium on farm land erosion*, Paris, Saint-Cloud, s. 271–283.
- Froehlich W., Stupik J., 1980, *Drugi polne jako źródła dostawy wody i zwierzelin do koryta cieku*, Zesz. Probl. Postępów Nauk Roln., 235, s. 269–279.
- 1986, *Rola dróg w kształtowaniu splywu i erozji w karpaccich zlewniach fliszowych*, Przegl. Geogr., 58, 1–2, s. 67–87.
- Gil E., 1976, *Splukiwanie gleby na stokach fliszowych w rejonie Szymbarku*, Dokum. Geogr., 2, 65 ss.
- 1986, *Rola użytkowania ziemi w przebiegu splywu powierzchniowego i splukiwania na stokach fliszowych*, Przegl. Geogr., 58, 1–2, s. 51–65.
 - 1988, *Racjonalne użytkowanie ziemi na stokach pod kątem ochrony przeciwpowodziowej i przeciwerozynnej*, Probl. Zagosp. Ziem. Górskich, 30, s. 31–48.

- 1999, *Obieg wody i splukiwanie na fliszowych stokach użytkowanych rolniczo w latach 1980–1990*, Zesz. IGiPZ PAN, 60, 78 ss.
- Gil E., Soja R., 1976, *Udział spływu powierzchniowego w całkowitym odpływie ze zlewni fliszowej*, Zesz. Nauk. Polit. Krak. Bud. Wod. i Inż. Sanit., 3, 24.
- Gospodarka wodna w dorzeczu górnej Wisły*, 1995, Inst. Inż. i Gosp. Wodnej Politechniki Krakowskiej, ODGW w Krakowie, 34 ss.
- Goudi A., 1990, *The Human Impact on the Natural Environment*, 3rd ed., Oxford, Blackwell.
- Górka Z., 1986, *Sieć dróg dojazdowych jako element infrastruktury technicznej w górach na przykładzie dwu wsi karpaccich*, Folia Geogr., ser. Geogr.-phys., Kom. Nauk Geogr. PAN, Kraków, 19, s. 115–129.
- Górz B., 1985, *Skutki komasacji gruntów we wsi Jabłonka na Orawie. Z badań nad strukturą i infrastrukturą rolnictwa*, Dokum. Geogr., 3, s. 41–100.
- Gutry-Korycka M. (red.), 1996, *Studia nad wpływem globalnych zmian klimatu na obieg wody w zlewni*, WGSR UW, 184 ss.
- Gutry-Korycka M., Boryczka J., 1990, *Długookresowe zmiany elementów bilansu wodnego w Polsce i w zlewisku Bałtyku*, Przegl. Geofiz., 3–4.
- 1993, *Okresowe fluktuacje elementów obiegu wody*, [w:] I. Dynowska (red.), *Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*, Wyd. UJ, Kraków.
- Gutry-Korycka M., Jaworski J., Jakubiak B., Rotnicka J., 1998, *Ocena wpływu globalnych zmian klimatu na obieg wody w zlewni*, [w:] A. Magnuszewski, U. Soczyńska (red.), *Hydrologia u progu XXI wieku*, PTG, Komisja Hydrologiczna, UW, Warszawa, s. 133–138.
- Guzik C., 1995, *Rolnicze użytkowanie ziemi*, [w:] J. Warszzyńska (red.), *Karpaty Polskie*, Wyd. UJ, Kraków, s. 239–252.
- Hennig I., 1991, *Zabudowa rzek i potoków górskich*, [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski (red.), *Dorzecze górnej Wisły*, cz. I, PWN, Warszawa.
- Hennig I., Hennig J., Roszkowski A., 1991, *Zbiorniki retencyjne*, [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski (red.), *Dorzecze górnej Wisły*, cz. I, PWN, Warszawa.
- Hołda I., Ośrodek L., 1989, *Próba ustalenia odpływu antropogenicznego wybranych rzek województwa katowickiego*, Arch. Ochr. Środ., 1–2, Katowice.
- Idzon P.F., Pimenowa G.S., 1975, *Wliwanie lesa na stok riek*, Izd. Nauka, Moskwa.
- Ives J.D., Messerli B., 1989, *The Himalayan Dilemma: Reconciling Development and Conservation*, UN Univ., and Rotledge, London-New York.
- Jagła S., Kostuch R., Kurek S., Pawlik-Dobrowolski J., 1983, *Analiza użytkowania ziemi w Karpatach na tle środowiska przyrodniczego*, Probl. Zagosp. Ziem Górskich, 22, s. 39–66.
- Jankowski A.T., 1986, *Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych na obszarze uprzemysławianym i urbanizowanym (na przykładzie Rybnickiego Okręgu Węglowego)*, Rozpr. Hab. US, Katowice.
- 1998, *Antropogeniczne uwarunkowania obiegu wody na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, [w:] A. Magnuszewski, U. Soczyńska (red.), *Hydrologia*

- u progu XXI wieku*, PTG, Komisja Hydrologiczna, UW, Warszawa, s. 139–156.
- Jayawardena A. W., Lai F., 1994, *Analysis and prediction of chaos in rainfall and stream flow time series*, Journ. of Hydrology, 153, s. 28–52.
- Jeż G., Jokiel P., Kożuchowski K., 1990, *Cykliczne zmiany przepływów w rzekach na tle wahań opadów atmosferycznych*, Wiad. IMGW, 31, 4.
- Jokiel P., 1997, *Zjawisko rytmu w wieloletnich seriach różnych charakterystyk obiegu wody*, Czasop. Geogr., 68, 3–4, s. 361–372.
- Jokiel P., Kożuchowski K., 1989, *Zmiany wybranych charakterystyk hydroklimatycznych Polski w bieżącym stuleciu*, Dokum. Geogr., 6.
- Kaczmarek Z., 1994, *Wpływ globalnych procesów geofizycznych na zasoby wodne Polski*, Przegl. Geofiz., 1.
- 1996, *Problemy gospodarki wodnej w świecie i w Polsce*, Nauka, 4, s. 43–58.
- 1997, *Zasoby wodne Polski i Europy w obliczu globalnych zmian klimatu*, [w:] L. Starkel (red.), *Użytkowanie a ochrona zasobów wód powierzchniowych w Polsce*, Zesz. Nauk. Kom. Człowiek i Środowisko, 17, s. 15–31.
- Kaczmarek Z., Krasuski D., 1991, *Sensitivity of water balance to climate change and variability*, Working Paper 91-047, IIASA, Laxenburg, 25 ss.
- Kaniecki A., 1993, *Poznań. Dzieje miasta wodą pisane. Cz. I. Przemiany rzeźby i sieci wodnej*, Wyd. Aquarius, 241 ss.
- Keller M.H., 1968, *Der heutige stand der Forschung uber den Einfluss des Waldes auf der Wasserhaushalt*, Schweitz. Zeitschrift fur das Forst., Zurich.
- Kędzior A., 1928–1934, *Roboty wodne i melioracyjne w południowej Małopolsce wykonane z inicjatywy Sejmu i Wydziału Krajowego*, nakładem Tymczasowego Wydziału samorządowego, Lwów, 1–4.
- King J.G., Tennyson L.C., 1984, *Alteration of streamflow characteristics following road construction in North Central Idaho*, Water Resource Res., 20, 8, s. 1159–1163.
- Klima K., 2000, *Produkcyjność i przeciwerozryjna skuteczność plodozmianów w warunkach górskich południowo-zachodniej części Beskidu Niskiego*, Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 258, 96 ss.
- Klus T., 1965, *Wpływ lokalnych warunków na odpływ w wybranych zlewniach górskich*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, 25, 2.
- Kondracki J., 1994, *Geografia fizyczna Polski. Regiony fizycznogeograficzne*, PWN, Warszawa.
- Kopeć S., Kurek S., 1975, *Wpływ szaty roślinnej na odpływ i retencję w małych zlewniach górskich na przykładzie dorzecza górnego Grajcarka*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 162, s. 337–354.
- Kopeć S., Misztal A., 1981, *Wyniki badań nad odpływem z sieci drenarskiej na przykładzie wybranych obiektów w warunkach górskich*, Wiad. IMUZ, 14, 2, s. 45–68.

- Kopeć S., Twardy S., 1973a, *Kształtowanie się odpływów z sieci drenarskiej w terenach górskich i pogórskich w okresie powodzi 1972*, Wiad. Mel. i Łąk., 11, s. 331–335.
- 1973b, *Pomiary odpływu z sieci drenarskiej w warunkach górskich i pogórskich woj. krakowskiego i katowickiego*, Roczn. Nauk Roln., 78–F–3, s. 89–97.
- Kostrowicki A.S., 1992, *System człowiek – środowisko w świetle teorii ocen*, Prace Geogr. IGI PAN, 156.
- Kostuch R., Kopeć S., 1980, *Znaczenie trwałych użytków zielonych w gospodarce wodnej gór*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 235, s. 165–175.
- Kożuchowski K., 1985, *Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w stuleciu 1881–1980*, Acta Geogr. Lodz. 48.
- Kożuchowski K., Marciniak M., 1992, *Kontynentalizm termiczny klimatu na obszarze Polski w okresie 1881–1980*, Wiad. IMGW, 15(36), 4.
- Kożuchowski K., Wibig J., 1991, *Rytmiczne zmiany przebiegu opadów w Polsce*, Wiad. IMGW, 1–4, 14(35), s. 45–53.
- Krasnodębski R., Gadkowski M., 1978, *Statystyczna analiza cykliczności zmian średnich rocznych przepływów w dziewięciu przekrojach Wisły*, Przegl. Geofiz., 2.
- Krapiec M., 1998, *Oak dendrochronology of the Neoholocene in Poland*, Folia Quaternaria, 69, s. 5–133.
- Kriz H., 1994, *The research of the antropogenous changes of water regime in the Czech Republic*, Universitas Ostraviensis, Acta Facultatis Rerum Naturalium, Geographia-Geologia, 2, 137, s. 27–33.
- Kundzewicz Z., 1985, *Rozważania o hydrologii jutra*, Przegl. Geofiz., 30, 4, s. 411–426.
- Kupczyk E., Biernat T., Ciupa T., 1998, *Przyrodnicze podstawy naturalnej regeneracji rzeki antropogenicznie przekształconej*, [w:] A. Magnuszewski, U. Soczyńska (red.), *Hydrologia u progu XXI wieku*, Komisja Hydrologiczna PTG, UW, Warszawa, s. 167–180.
- Kurek S., 1969, *Kształtowanie się bilansu wodnego w okresie roztopowym w trzech zlewniach górskich o różnym użytkowaniu*, Gosp. Wodna, 3.
- 1971, *Oddziaływanie lasu na odpływ w małych zlewniach górskich*, Gosp. Wodna, 7.
- 1985, *Ocena działania systemów drenarskich na obszarze Beskidów i Pogórza Karpackiego*, *Materiały z Ogólnopolskiej Konf. Nauk.-Techn. „Melioracja terenów górskich i pogórskich”*, 20–21 III 1985, Kraków.
- 1991a, *Melioracje wodne*, [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski (red.), *Dorzecze górnej Wisły. Część II*, PWN, Kraków.
- 1991b, *Ocena wpływu drenowania użytków rolnych na stosunki hydrologiczne zlewni karpaccich na przykładzie pięciu zlewni*, IMUZ Falenty, 89 ss.
- Kurek S., Pawlik Dobrowolski J., 1976, *Odpływ z małych zlewni górskich o różnym stopniu zalesienia (na przykładzie dorzecza górnego Grajcarka)*, Zesz. Nauk. Politech. Krak., 3.

- 1993a, *Degradacja szaty roślinnej jako czynnik zmian hydrologicznych w zlewniach Beskidu Śląskiego*, Wiad. IMUZ, 17, 4, s. 175–191.
- 1993b, *Stosunki hydrologiczne w zlewni Raby*, Monografia, 145, Wyd. PK, Kraków.
- Kuzin P.S., 1970, *Cikliczeskije kolebanija stoka riek siewiernowgo polszarija*. Gidrometeoizdat, Leningrad, 178 ss.
- Lach J., 1975, *Ewolucja i typologia krajobrazu Beskidu Niskiego z uwzględnieniem gospodarczej działalności człowieka*, Pr. Monogr. WSP, Kraków.
- 1984, *Geomorfologiczne skutki antroporesji rolniczej w wybranych częściach Karpat i ich Przedgórze*, Pr. Monogr. WSP, 46, Kraków, 142 ss.
- Langer M., 1985, *Hydrografia górnej części doliny Poniczanki, Badania fizjograficzne i ekologiczne na obszarze zlewni Poniczanki w Gorcach*, Studia Naturae, A, 29, s. 85–97.
- Lwowiec M.I., 1979, *Zasoby wodne świata*, PWN, Warszawa.
- Łajczak A., 1999, *Współczesny transport i sedymentacja materiału unoszonego w Wiśle i głównych dopływach*, Monografie, Kom. Gosp. Wodnej PAN, 15, 215 ss.
- Łaszewski J., 1986, *Kilkuletnie cykle lat suchych i mokrych*, Gosp. Wodna, 2.
- Łopata K., 1993, *Długookresowe tendencje odpływu rzek*, Przegl. Geofiz., 2.
- Łoś M.J., 1997, *Historia małej retencji w Polsce*, Wiad. Mel. i Łąk., Zesz. Specj., 4, s. 10–15.
- Maruszczak H., 1988, *Zmiany środowiska przyrodniczego kraju w czasach historycznych*, [w:] L. Starkel (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Polski*, Ossolineum, Wrocław, s. 109–135.
- Meade R.H., 1994, *Suspended sediments of the modern Amazon and Orinoco Rivers*, Quaternary Internat., 21.
- Michalczyk Z., 1986, *Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Roztocza*, Rozprawy Wydz. Biologii i Nauk o Ziemi, 30, UMCS Lublin, 195 ss.
- Miler A., 1999, *Okresowość i trendy czasowe zmian przepływów Warty w Poznaniu w okresie udokumentowanych obserwacji 1822–1997*, [w:] W. Chełmicki, J. Pociask-Karteczka (red.), *Interdyscyplinarność w badaniach dorzecza*, IG UJ, Kraków, s. 99–107.
- Mikulski Z., 1982, *Ocena wpływu działalności człowieka na ustrój hydrologiczny i jakość wody (współpraca krajów socjalistycznych)*, Gospodarka Wodna, 10, s. 208–209.
- Mitosek H.T., 1992, *Odzwierciedlenie wahań klimatu w rocznych seriach czasowych – podejście statystyczne*, Przegl. Geofiz., 37, 1–2, s. 7–17.
- 1994, *Odzwierciedlenie wahań klimatu w ciągach miesięcznych wysokości opadów w Polsce i jej okolicach – podejście statystyczne*, Przegl. Geofiz., 39, 4, s. 351–357.
- 1997, *Pewne właściwości losowe procesu przepływów dobowych*, Przegl. Geofiz., 42, 2, s. 137–153.
- Mołczanow A.A., 1960, *Gidrologiczeska rol'lesa*, Izd. AN ZSRR, Moskwa.

- Newson M., 1994, *Hydrology and the river environment*, Oxford University Press, Oxford.
- Niedbała J., Soja R., 1997, *Graniczne wartości splywów jednostkowych w zlewni górnej Wisły, Materiały z seminarium „Geomorfologiczny i sedymentologiczny zapis powodzi – terażniejszość, przeszłość”*, IGiPZ PAN, Kraków.
- 1998, *Odplyw z opadu nawalnego w dniu 18 maja 1996 roku w Suloszowej*, [w:] L. Starkel (red.), *Geomorfologiczny i sedymentologiczny zapis lokalnych ulew*, Dokum. Geogr., 11, s. 31–38.
- Niedziałkowska E., 1981, *Rzeźba terenu*, [w:] L. Starkel (red.), *Warunki naturalne zlewni Homerki i jej otoczenia*, Dokum. Geogr., 3, s. 13–21.
- Niemirska J., 1970, *Charakterystyka hydrograficzna zlewni Bystrzanki i Bielanki*, Dokum. Geogr., 5, s. 25–38.
- Niemirska J., Niemirski M., 1968, *Stosunki hydrograficzne zlewni potoków Jaszczę i Jamne*, Studia Naturae, A, II, s. 39–48.
- Obrębska-Starkel B. (red.), *Early meteorological instrumental records in Europe, methods and results*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geograficzne 95.
- Obrębska-Starkel B., Starkel L., 1991, *Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego*, Zesz. IGiPZ PAN, 4.
- Obrębska-Starkłowa B., 1977, *Typologia i regionalizacja fenologiczno-klimatyczna na przykładzie dorzecza górnej Wisły*, Rozpr. Habil. UJ, 11, Kraków.
- Obrębska-Starkłowa B., Bednarz Z., Niedźwiedz T., Trepiańska J., 1994, *Współczesne tendencje zmian klimatu Karpat i przedpola*, [w:] L. Starkel, P. Prokop (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Karpat i kotlin przedkarpaccich*, Conference Papers, 20, IG i PZ PAN, s. 103–115.
- Ochrona Środowiska 1991....1999*, GUS, Warszawa.
- Okniński T., 1970, *Wpływ czynników klimatycznych i antropogenicznych na zasobność rzek w wodę*, Gosp. Wodna, 8/9.
- Oliver J.E., 1980, *Monthly precipitation distribution: a comparative index*, Professional Geographers, 32, 3, s. 300–309.
- Osuch B., 1991, *Reżim odpływu powierzchniowego*, [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski, (red.), *Dorzecze górnej Wisły. Część I*, PWN, Kraków, s. 157–227.
- Ozga-Zielińska M., 1993, *Efekt cieplarniany, jego perspektywy i skutki dla gospodarki wodnej w Polsce*, Gosp. Wodna, 6, s. 28–30.
- Panagulia D., Dimon G., 1997, *Sensitivity of flood events to global climate change*, Journ. of Hydrology, 191, s. 208–222.
- Pawlik-Dobrowolski J., 1971, *Odplyw gruntowy dwu małych zlewni górskich o różnym stopniu zalesienia*, Wiad. Inst. Melior. i Użytków Ziel., 10, 1.
- Perechrest S.M., Pieczkowskaja O.M., 1969, *Wlijanije zalesennosti w bassiejnie na formu gidrografa powodka na gornyh riekach Priedkarpatija*, [w:] *Wlijanije chozajstwiennoj diejatielnosti a wodnoj balans*, Izd. Nauka, Kijów.
- Pietryga Z., 1971, *Hydrologiczna rola lasów w Karpatach fliszowych*, Gosp. Wodna, 7.
- Pietrzak M., 1995a, *Rozwój osadnictwa prahistorycznego i wczesnośredniowiecznego na obszarze Pogórza Karpackiego między Rabą a Uszwiąc*, [w:] L. Kaszowski

- (red.), *Dynamika i antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego progu Karpat między Rabą a Uszwicą*, IG UJ, Kraków, s. 117–127.
- 1995b, *Historyczne i współczesne osadnictwo oraz użytkowanie środowiska progu Pogórza Karpackiego między Rabą a Uszwicą*, [w:] L. Kaszowski (red.), *Dynamika i antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego progu Karpat między Rabą a Uszwicą*, IG UJ, Kraków, s. 129–145.
 - Plit J., 1996, *Antropogeniczne i naturalne przeobrażenia krajobrazów roślinnych Mazowsza (od schyłku XVIII w. do 1990 r.)*, Prace Geogr., 166, IGIpZ PAN, 135 ss.
 - Podraza A., 1981, *L'Agriculture dans les Carpates Polonaises aux XVIII–XX Siècles, Les Pyrenées et les Carpates*, Zesz. Nauk. UJ, 594.
 - Prochal P., 1970, *Problemy gospodarki wodnej w górach. Bilanse wodne regionu górskiego Polski Południowej*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 114, s. 119–139.
 - Prochal P., Rajda W., Maślanka K., 1971, *Bilans wodny pola zdrenowanego w warunkach pogórskich*, Wiad. Mel. i Łąk., 8, 9, s. 233–238.
 - Punzet J., 1972, *Tendencje zmian przebiegu wielkich wód w dorzeczu górnej Wisły*, Wiad. Służby Hydr.-Meteo., 3–4, s. 29–40.
 - 1973, *Wpływ zbiorników retencyjnych na prawdopodobieństwo występowania wielkich wód w dorzeczu Górnej Wisły*, Gosp. Wodna 2, s. 46–49.
 - 1981, *Zmiany przebiegu stanów wody w dorzeczu górnej Wisły na przestrzeni 100 lat (1871–1970)*, Folia Geogr., ser. Geogr.-phys. 14, s. 5–28.
 - 1991, *Przepływy charakterystyczne*, [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski (red.), *Dorzecze górnej Wisły, Część I*, PWN, Warszawa-Kraków.
 - 1992, *Znaczenie górnej Wisły i jej karpackich dopływów w gospodarce wodnej Polski*, Wiad.IMGW, 15 (36), 3, s. 5–14.
 - 1999, *Występowanie katastrofalnych wezbrań w karpackiej części dorzecza Wisły*, Folia Geogr., ser. Geogr.-phys., 29/30, s. 81–111.
 - Radwan S., Kornijów S. (red.), 1999, *Problemy aktywnej ochrony ekosystemów wodnych i torfowiskowych w polskich parkach narodowych*, UMCS, Lublin.
 - Radwan-Dębski R., 1995, *Szacunek opadu efektywnego na podstawie stopnia uszczelnienia terenu*, Gosp. Wodna, 12, s. 315–318.
 - Reid L.M., Dunne T., 1984, *Sediment production from forest road surfaces*, Water Resources Research, 20, 11, s. 1753–1761.
 - Roberts N. (red.), 1994, *The Changing Global Environment*, Blackwell.
 - Roberst M.C., Klingeman P.C., 1970, *The influence of landform and precipitation parameters on flood hydrographs*, Journ. of Hydrology, 11, s. 393–411.
 - Rodriquez-Iturbe I., Yevdjevich V.M., 1965, *Hydrology Papers*, Colorado State University, 26.
 - Romer E., 1913, *O wpływie lasów na klimat i wody gruntowe (na podstawie doświadczeń w lasach dobrostańskich)*, Kosmos, 38, Lwów, s. 1573–1607.
 - Shukla J., Nobre C., Sellers P., 1990, *Amazon deforestation and climate change*, Science, 247, s. 1322–1335.

- Sivakumar B., Liang S.Y., Liaw C.Y., 1998, *Evidence of chaotic behaviour in Singapore rainfall*, Journ. of Amer. Water Resources Assoc., 34(2), s. 301–310.
- Słupik J., 1973, *Zróźnicowanie sptywu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich*, Dokum. Geogr., 2, 118 ss.
- 1976, *Zastosowanie zdjęć lotniczych w określaniu wpływu bruzd i dróg polnych na strukturę bilansu wodnego stoków górskich*, Fotointerpr. w Geogr., (11), Prace Nauk.Uniw. Śląskiego, 126, s. 31–37.
 - 1986, *Ocena metod badań roli użytkowania ziemi w przebiegu sptywu wody i erozji gleb w Karpatach*, Przegl. Geogr., 58, 1–2, s. 41–50.
- Snorrason A., Finnsdottir H.P., Moss M.E., (red.), 2002, *The Extreme of the Extremes: Extraordinary Floods*, IAHS Publication 271.
- Sochoń Z., 1951, *Wpływ intensyfikacji rolnictwa i leśnictwa na bilans wodny*, Gosp. Wodna, 1(22), 4.
- Soja R., 1980, *Tendencje zmian odpływu ze zlewni Ropy w latach 1951–1970*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 235.
- 1981, *Analiza odpływu z fliszowych zlewni Bystrzanki i Ropy (Beskid Niski)*, Dokum. Geogr., 1, 91 ss.
 - 1987, *Próba oszacowania wpływu zagospodarowania ziemi na odpływ rzeczny w Karpatach*, [w:] *Badania hydrograficzne w poznaniu środowiska*, UMCS Lublin, s. 129–137.
 - 1989, *Zmiana odpływu w zlewni Wisłoki pod wpływem działalności człowieka*, [w:] I. Dynowska (red.), *Antropogeniczne uwarunkowania zmian odpływu i reżimu rzek Polski*, Dokum. Geogr., 4, s. 9–22.
 - 1992, *Struktura użytkowania ziemi a obieg wody w Karpatach*, [w:] *Gospodarowanie wodą w krajobrazie rolniczym jako element zrównoważonego rozwoju*, Wyd. SGGW Warszawa, s. 27–34.
 - 1994, *Zmiany reżimu wezbraniowego Wisły*, [w:] L. Starkel, P. Prokop (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Karpat i kotlin podkarpackich*, Conference Papers 20, s. 73–74.
 - 1995a, *Hydrological aspects of change in land use in Carpathians*, [w:] L. Ryszkowski, S. Balazy (red.), *Functional appraisal of agricultural landscape in Europe*, Poznań, s. 117–123.
 - 1995b, *Tendencje zmian reżimu wezbraniowego górnej Wisły*, [w:] J. Tomaszewski (red.), *Problemy hydrologii regionalnej, Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Hydrograficznej, Karpacz, 26–28 września 1994*, s. 33–39, Wrocław.
 - 1996, *The hydrographic system of Poland with emphasis on border regions*, [w:] A. Breymeyer (red.), *Biodiversity conservation in transboundary protected areas, Proceedings of an international workshop, May 1994, Poland*, National Academy Press Washington DC, s. 151–153,
 - 1999, *Importance of melioration on changes of water circulation in the Carpathians*, [w:] *Przyrodnicze i techniczne problemy ochrony i kształtowania środowiska rolniczego i leśnego*, Wyd. AR w Poznaniu, s. 93–102.

- Soja R., Walanus A., 1995, *The problem of periodicity in the hydrometeorology*, [w:] *Climate dynamics and the global change perspective, International Conference 17–20 October 1995*, Kraków, s. 61–62.
- 1998, *Cykle w hydrometeorologii – fakty i wątpliwości*, [w:] A. Magnuszewski, U. Soczyńska (red.), *Hydrologia u progu XXI wieku*, Konferencja Hydrologiczna PTG, UW, Warszawa, s. 273–284.
- Somorowska U., 1985, *Ocena zmian opadu efektywnego w warunkach hipotetycznej zabudowy zlewni*, *Przegl. Geofiz.*, 30, 3, s. 323–331.
- Stachy J., 1968, *Zmniejszanie się odpływu rzek polskich w bieżącym stuleciu*, *Prace PIHM*, 95.
- 1970, *Wieloletnia prognoza odpływu rzek polskich*. *Prace PIHM*, 100.
- 1972, *Z zagadnień wieloletniej zmienności odpływu rzecznego w Polsce*, *WSHM*, 8, 3–4.
- Stachy J., Fal B., Dobrzyńska I., Hołdakowska J., 1996, *Wezbrania rzek polskich w latach 1951–1990*, *IMGW, Mat. Bad., Hydrologia i Oceanologia*, 20, 80 ss.
- Stachy J., Nowak H., 1977, *Przyczynek do zagadnienia zmian reżimu wezbraniowego rzek polskich*, *Gosp. Wodn.*, 8, s. 227–229.
- Starkel L., 1972, *Charakterystyka rzeźby polskich Karpat i jej znaczenie dla gospodarki ludzkiej*, *Probl. Zagosp. Ziem Górskich, PAN*, 10, s. 75–150.
- 1980, *Erozja gleb a gospodarka wodna w Karpatach*, *Zesz. Probl. Post.Nauk Roln.*, 235, s. 103–118.
- 1990, *Zróźnicowanie przestrzenne środowiska Karpat i potrzeby zmian w użytkowaniu ziemi*, *Probl. Zagosp. Ziem Górskich, PAN*, 30, s. 1–29.
- Stehlik J., 1999, *Deterministic chaos in runoff series*, *Journ. of Hydrology and Hydrodynamics*, 47 (4), s. 271–278.
- Szikłomanow I.A., 1979, *Antropogenne izmienenija wodnosti riek*, *Gidrometeoizdat, Leningrad*, 302 ss.
- Sznitnikow A.W., 1968, *Wierojatnyje tendencje koljebanija wodnosti territorii SSSR*, *Woprosy Geogr.*, 73.
- Szturc J., 1993a, *Antropogeniczne zmiany odpływu rzecznego na obszarze górnośląskiego okręgu przemysłowego. Część I. Próba opisu jakościowego*, *Wiad. IMGW*, 1, 16 (37), s. 3–16.
- 1993b, *Antropogeniczne zmiany odpływu rzecznego na obszarze górnośląskiego okręgu przemysłowego. Część II. Próba opisu ilościowego*, *Wiad. IMGW*, 2, 16 (37), s. 75–91.
- Święchowicz J., 1991, *Budowa geologiczna i rzeźba zlewni Starej Rzeki*, *Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr.*, 83, s. 165–184.
- Trepińska J., 1988, *Wieloletni przebieg ciśnienia i temperatury powietrza w Krakowie na tle ich zmienności w Europie*, *Rozpr. Hab.*, UJ, 140, Kraków, 169 ss.
- Van der Loeden F., Troise F. L., Todd D. K., 1991, *The Water Encyclopedia*, *Levis Publ.*, Chelsea.

- Walanus A., 1997, *Szeregi czasowe i wnioskowanie statystyczne w badaniach górnego czwartorzędu*, Zesz. Nauk. Polit. Śląskiej, Mat.-Fiz., 83, Geochronometria, 16, 121 ss.
- Walanus A., Soja R., 1995, *The 3,5-yr period in river runoff – is it random fluctuation?* [w:] B. Więzik (red.), *Hydrological Processes in the Catchment*, University of Technology, Kraków, s. 141–149.
- 1996, *Statistical significance level in the method of fitting of many sine curves to the data series*, [w:] B. Obrębska-Starkel, T. Niedźwiedź (red.), *Proceedings of the International Conference on Climate Dynamics and the Global Change Perspective*, Zesz. Nauk. UJ, Prace IG UJ, 124.
- Warszyńska J. (red.), 1995, *Karpaty Polskie*, Wyd. UJ, Kraków, 367 ss.
- Węglarczyk S., 1998, *O pewnych konsekwencjach badania cykliczności procesów hydrometeorologicznych*, [w:] A. Magnuszewski, U. Soczyńska (red.), *Hydrologia u progu XXI wieku*, PTG, Komisja Hydrologiczna, UW, Warszawa, s. 317–328.
- Wilgat T., 1979, *Zmiany struktury obiegu wody pod wpływem działalności gospodarczej*, [w:] *Antropogeniczne zmiany stosunków wodnych*, Materiały Konferencji Hydrogr. PTG, UMCS Lublin, s. 7–20.
- 1984, *Ochrona zasobów wodnych Polski*, Lub.Tow.Naukowe, PWN, Warszawa, 60 ss.
- 1991, *Zmiana stosunków wodnych Polski pod wpływem gospodarki*, *Geografia Polski, Środowisko geograficzne*, PWN, Warszawa, s. 205–223.
- 1994, *Obszary ekologicznego zagrożenia w Polsce w świetle danych statystycznych*, TWWP, Lublin, 60 ss.
- Wilgat T., Kowalska A., 1975, *Wpływ działalności gospodarczej człowieka na stosunki wodne Kotliny Sandomierskiej*, Dokum. Geogr., 5–6, 61 ss.
- Young G.J., Doodge J.C., Rodda J.C., 1994, *Global Water Resources Issues*, Cambridge University Press, Cambridge, 194 ss.
- Zavoianu I., 1985, *Morphometry of drainage basins*, *Developments in Water Science*, 20, Elsevier, 233 ss.
- Ziegler A.D., Giambelluca T.W., 1997, *Importance of rural roads as source areas for runoff in mountainous area of northern Thailand*, *Journ. of Hydrology*, 196, s. 204–229.
- Zieliński J., Słota H. (red.), 1996, *Stan i wykorzystanie zasobów wód powierzchniowych w Polsce*, IMGW, Warszawa, 51 ss.
- Ziemnicki S., 1956, *Zmiana gospodarki wodnej przez ulepszoną agrotechnikę*, Pr. i St. Kom. Gosp. Wodnej PAN, 1.
- Zalewski M., Bis B., Bednarek A., Krauze K., Bocian J., 1997a, *Renaturyzacja rzeki Sokolówki i jej doliny. XVII Zjazd Hydrobiologów Polskich. 8–12 września 1997*, Poznań.
- Zalewski M., Janauer G.S., Jolankai G. (red.), 1997b, *Ecohydrology – A new Paradigm for the Sustainable Use of Aquatic Resources*, International Hydrological Programme UNESCO. Technical Document on Hydrology, 7, Paris, 58 ss.

Ziemońska Z., 1973, *Stosunki wodne w Polskich Karpatach Zachodnich*, Prace Geogr. PAN, 103, 124 ss.

Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Stacja Bazowa Szymbark (Karpaty Fliszowe), 1994, Biblioteka Monitoringu Środowiska, 168 ss.

HYDROLOGICAL ASPECTS OF ANTHROPOPRESSION IN THE POLISH CARPATHIANS

Summary

The purpose of this work is to evaluate anthropogenic influences on water circulation in the Polish part of the Carpathians, i.e. in the physical-geographic region amounting to 19 600 km². The Carpathians concentrate over 25% of water resources of the whole Vistula catchment. That is the region with a very uneven where large floods set out. Geological structures are mainly flysch complexes while the relief is typical of low and medium-high mountains. Ca. 2.5 million inhabitants out of them 36% live in towns and 64% in rural areas populate the Carpathians. The area of the towns in the Carpathians amounts to 1431 km² that is 7.3% of the total area. The number of villages is 1769 and of administrative units of a higher rank – gminas – 258. During the last 100 year the population in the Carpathians was increasing continually. The Carpathians are a farming region where the land use is as follows: arable fields – 37.0%, orchards 1.4%, grassland 4.3%, pastures 8.3% – total agricultural land 51.0%, forests 41.4% and other land 6.0%. The main crops in the region are: potatoes, clover and grass. In 1998 in the Carpathians the number of cattle was 670 000 heads and that of swine – 440 000.

The fundamental questions that were to be answered are listed below:

- which physical-geographic region and drainage basins in the Carpathian part of the Vistula catchment have the most modified environment, and therefore the most modified water circulation pattern?
- is a change in outflow concentration during an annual hydrologic cycle marked in a multi-annual pattern?
- do frequency and magnitude of floods increase in the Carpathians?
- what tendencies were in the runoff of the Carpathian rivers during 1951–1995?

In the analysis of the problems related to pollution of surface waters, influence of water reservoirs on river runoff, intake of water for inhabitants and industry have been omitted as the commonly known and documented aspects.

For the purpose of evaluation of the spatial differentiation of anthropopression, the data on population density and structure of the land use in the Carpathian gminas have been examined. The data base comprising the following information for each gmina was built: area of the administrative unit, population, population density, area of agricultural land, area of arable fields, area of orchards, area of grassland and pasture, area of forests, area of other land use, area of reclaimed land. It has been assumed that the above are either measures of anthropopression degree or describe a state of environment important for water circulation. Using MAPINFO software the digitised map of the Carpathians with boundaries of the gminas was overlaid with the maps depicting the boundaries of regions and drainage basins. Corrections necessary in the case of discrepancies between the gminas boundaries with respect to boundaries of the regions and drainage basins were made using appropriate GIS procedures. The accuracy of the adopted outcome is sufficient for the map in the scale

1:300 000. The thematic maps have been obtained which illustrate spatial differentiation of the aforementioned elements in the area of the Carpathians. The maps showing the area of reclaimed land in the regions and drainage basins deserve a particular attention. Reclaiming practices are believed to have a strong pejorative influence on the water circulation. It has been found that the real influence of artificial drainage on the water circulation can be detected in the northern and western parts of the Carpathians. In higher-elevated parts of the Carpathians the per cent of the reclaimed area is insignificant. The maps served as a basis for calculating anthropoppression index for the regions and drainage basins. The statistical parameters of the anthropoppression indices for the set of 258 gminas are as follows: maximum value 40.98, minimum 0.16, mean 2.42 and standard deviation 3.42. The regions modified to the highest degree are the foothill regions in the northern part of the Carpathians. Among the drainage basins modified in a high degree the Wisloka drainage basin and the drainage basins located in the western part of the Carpathians are notable. What is more, small foothill drainage basins have high indices as well.

The index of precipitation concentration (GMO) derived by Gibbs and Martin, and modified by J.E. Oliver in 1980, applied in climatology until now, has been used for the analysis of the longer period changes in hydrological regime of the rivers.

$$GMO = \frac{\sum x^2}{\sum (x)^2} \cdot 100$$

where x – is the mean monthly discharge.

The extreme values of the index, belonging to the interval 8.3–100, result from the equation form. With European rivers as examples it has been proved that the GMO index can be used for evaluation of the runoff concentration. This index has been calculated for 30 water discharge gauging sections on the Carpathian rivers. It has been found that there was no change in the hydrological regime during 1951–1995. Neither a rise nor a decline in a degree of runoff concentration were observed, i.e. the proportion of meltwater runoff or runoff due to summer continuous rain neither increase nor decrease. A very important feature of the hydrological regime is occurrence of floods, their magnitude and frequency. The concept on the rise in the magnitude of the floods and their frequency in the Carpathians during the recent 100 years appears in the literature reasonably often. Although this concept is common it is not always well evidenced. The series of water levels of the larger Carpathian rivers were examined whether the frequency of flood water levels increases in particular years, hydrological seasons and months. The obtained result is negative, i.e. the frequency of high water levels, and thus high discharges, does not increase. Since 1951 not only water levels but also discharges are available for many gauging sections. For 22 gauging sites the tendencies in the changes in maximum, mean and minimum discharges have been analysed for monthly, half-year and yearly intervals during 1995–1995. In that particular period, the climatic conditions did not change significantly, and monthly precipitation totals in the Carpathian part of the Vistula catchment did not increase or did not decrease. The mutual pattern of the maximum,

mean and minimum discharge tendencies in the Carpathian rivers during 1951–1995 forms a logic and coherent entity. The maximum discharges, which are indicators of flood events, show a declining tendency. In the case of the mean discharges, providing evidence on the amount of water outflowing from the Carpathians, the obtained results are ambiguous. In some drainage basins, positive trends are observed while in others – negative trends. It can be assumed for the whole area that there are no changes in runoff. The minimum discharges show clear increasing tendency. It refers also to the drainage basins with undisturbed hydrological regimes, where there are no retention reservoirs. The cyclicity of hydrometeorological events, as a feature that can mask trend changes in runoff, has also been analysed. For that purpose the Fourier transformation (FFT) was used. The cyclicity in the Carpathian river runoff has not been detected. A commonly appearing 3.5-year cycle of unknown genesis occurs in many drainage basins of the world and its amplitude is very small, so this cycle has no meaning for the nature.

The findings presented above refer to the Carpathians as a whole. In particular drainage basins increase in frequency and magnitude of floods, decline or rise in runoff is possible that can be explained by local conditions or by large area changes in the land use, especially in the eastern part of the Carpathians.

Adres autora:

Roman Soja

*Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn w Krakowie
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
ul. Św. Jana 22, 31–018 Kraków*

e-mail: soja@zg.pan.krakow.pl

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Polskiej Akademii Nauk, wydaje następujące publikacje seryjne:

- Geographia Polonica,
- Prace Geograficzne,
- Przegląd Geograficzny,
- Dokumentacja Geograficzna,
- Europa XXI,
- Geopolitical Studies,
- Bibliografia Geografii Polskiej,
- Atlas Warszawy,

oraz *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej* (1995), *Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce* (2000).

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

- 18 – Lijewski T., 2000, *Problemy zagospodarowania przestrzennego Polski w świetle przebudowy infrastruktury komunikacyjnej*, 76 s.
- 19 – Matuszkiewicz J.M., Roo-Zielińska E., 2000, *Międzywałde Wisły jako swoisty układ przyrodniczy (odcinek Pilica-Narew)*, 194 s.
- 20 – Gałczyńska B., Kulikowski R., 2000, *Wieś i rolnictwo strefy podmiejskiej Warszawy. Zróżnicowania przestrzenne i procesy transformacji*, 78 s.
- 21 – Kowalski M., Śleszyński P., 2000, *Uwarunkowania zachowań wyborczych w województwie śląskim*, 86 s.
- 22 – Bański J., 2001, *Stan i perspektywy rolnictwa na obszarach problemowych w Polsce*, 62 s.

ATLAS WARSZAWY

- 1 – Węclawowicz G., Jarosz A., 1993, *Struktury demograficzne i gospodarstw domowych*.
- 2 – Węclawowicz G., Księżak J., 1994, *Struktury wykształcenia i zatrudnienia ludności w świetle Narodowego Spisu Powszechnego 1988*.
- 3 – Węclawowicz G., Jarosz A., 1995, *Warunki mieszkaniowe ludności w świetle Narodowego Spisu Powszechnego 1988*.
- 4 – Kozłowska-Szczęśna T., Blaziejczyk K., Krawczyk B., 1996, *Środowisko fizyczno-geograficzne – niektóre zagadnienia*.
- 5 – Węclawowicz G., Jarosz A., Śleszyński P., 1998, *Wybory parlamentarne 1991 i 1993*.
- 6 – Misztal S., 1998, *Przekształcenia struktury przemysłu Warszawy*.
- 7 – Potrykowska A., Śleszyński P., 1999, *Migracje wewnętrzne w Warszawie i województwie warszawskim*.
- 8 – Luniak M., Nowicki W., Kozłowski P., Plit J., 2001, *Ptaki Warszawy 1962-2000*.

Sprzedaż i prenumeratę publikacji IGiPZ PAN prowadzą księgarnie:

- Księgarnia DHN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, tel. 697-88-35.
- Główna Księgarnia Naukowa im. Bolesława Prusa, ul. Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa, tel. 826-18-35.

<http://rcin.org.pl>

HYDROLOGICZNE ASPEKTY ANTROPOPRESJI W POLSKICH KARPATACH

PL ISSN 0373-6547
ISBN 83-87954-26-8

<http://rcin.org.pl>