

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

POLISH ACADEMY OF SCIENCES  
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

**STOPIEŃ WODNY CIECHOCINEK  
I JEGO ZBIORNIK NIESZAWA -  
PROGNOZA ZMIAN ŚRODOWISKA GEOGRAFICZNEGO**

**Zygmunt Babiński**

**DENUDACJA CHEMICZNA W ZLEWNI RUDY**

**Piotr Glerszewski**

**Nr 12**

**1993**



**Z E S Z Y T Y**

**INSTYTUTU GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA**

**P A N**

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
POLISH ACADEMY OF SCIENCES  
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

**STOPIEŃ WODNY CIECHOCINEK  
I JEGO ZBIORNIK NIESZAWA -  
PROGNOZA ZMIAN ŚRODOWISKA GEOGRAFICZNEGO**

**Zygmunt Babiński**

**DENUDACJA CHEMICZNA W ZLEWNI RUDY**

**Piotr Gierszewski**

**Nr 12**

**1993**

CIECHOCINEK DAM AND ITS NIESZAWA RESERVOIR -  
FORECAST OF GEOGRAPHICAL ENVIRONMENT CHANGES

CHEMICAL DENUDATION WITHIN THE DRAINAGE BASIN OF THE RUDA RIVER



**Z E S Z Y T Y**

**INSTYTUTU GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA**

<http://rcin.org.pl>

**P A N**

**Redaguje zespół w składzie:**

**Teresa Kozłowska-Szczęsna (redaktor),**

**Alicja Breymeyer (zastępca redaktora),**

**Jerzy Grzeszczak,**

**Bronisław Czyż (sekretarz)**

**Opiniował do druku:**

**prof. dr Jan Szupryczyński**

**Adres redakcji:**

**00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30,**

**tel. 26 19 31, 26 83 29; telefax 48 22 267 267**

**Redakcja techniczna i skład komputerowy:**

**Ludmiła Kwiatkowska**



## SPIS TREŚCI

Z. Babiński - Stopień wodny Ciechocinek i jego zbiornik Nieszawa - prognoza zmian środowiska geograficznego na tle przekształceń otoczenia zbiornika Włocławek .....	5
Wprowadzenie .....	5
Cel, zakres i metody pracy .....	6
Warunki naturalne dna doliny Wisły .....	8
Dno doliny dolnej Wisły w warunkach poregulacyjnych .....	8
Skaskadowanie rzeki .....	11
Koncepcja kaskady dolnej Wisły .....	11
Charakterystyki stopni wodnych i ich zbiorników Włocławek i Ciechocinek .....	12
Wpływ stopnia wodnego i zbiornika Włocławek na środowisko naturalne po 20 latach jego eksploatacji .....	12
Prognoza zmian środowiska geograficznego w strefie oddziaływania stopnia wodnego Ciechocinek i zbiornika Nieszawa .....	18
Podsumowanie .....	24
Literatura .....	25
<i>Ciechocinek dam and its Nieszawa reservoir - forecast of geographical environment changes in the hinterland of Włocławek reservoir (summary)</i> .....	27
P. Gierszewski - Denudacja chemiczna w zlewni Rudy w roku hydrologicznym 1990 .....	29
Wstęp .....	29
Charakterystyka obszaru badań .....	31
Metodyka badań .....	32
Charakterystyka warunków hydrometeorologicznych .....	32
Właściwości chemiczne wód zlewni Rudy .....	35
Transport materiału rozpuszczonego .....	37
Denudacja chemiczna .....	40
Uwagi końcowe .....	42
Literatura .....	44
<i>Chemical denudation within the drainage basin of the Ruda river in 1990 hydrological year (summary)</i> .....	45

CONTENTS

1. Introduction ..... 1

2. Theoretical background ..... 2

3. Methodology ..... 3

4. Results ..... 4

5. Discussion ..... 5

6. Conclusion ..... 6

7. References ..... 7

8. Appendix ..... 8

9. Bibliography ..... 9

10. Summary ..... 10

11. Acknowledgements ..... 11

12. Author's address ..... 12

13. Correspondence ..... 13

14. Contact information ..... 14

15. Declaration of interest ..... 15

16. Funding ..... 16

17. Conflicts of interest ..... 17

18. Ethical approval ..... 18

19. Data availability ..... 19

20. Supplementary materials ..... 20

21. Author contributions ..... 21

22. Author disclosures of potential conflicts of interest and author contributions to the article ..... 22

23. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 23

24. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 24

25. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 25

26. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 26

27. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 27

28. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 28

29. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 29

30. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 30

31. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 31

32. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 32

33. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 33

34. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 34

35. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 35

36. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 36

37. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 37

38. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 38

39. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 39

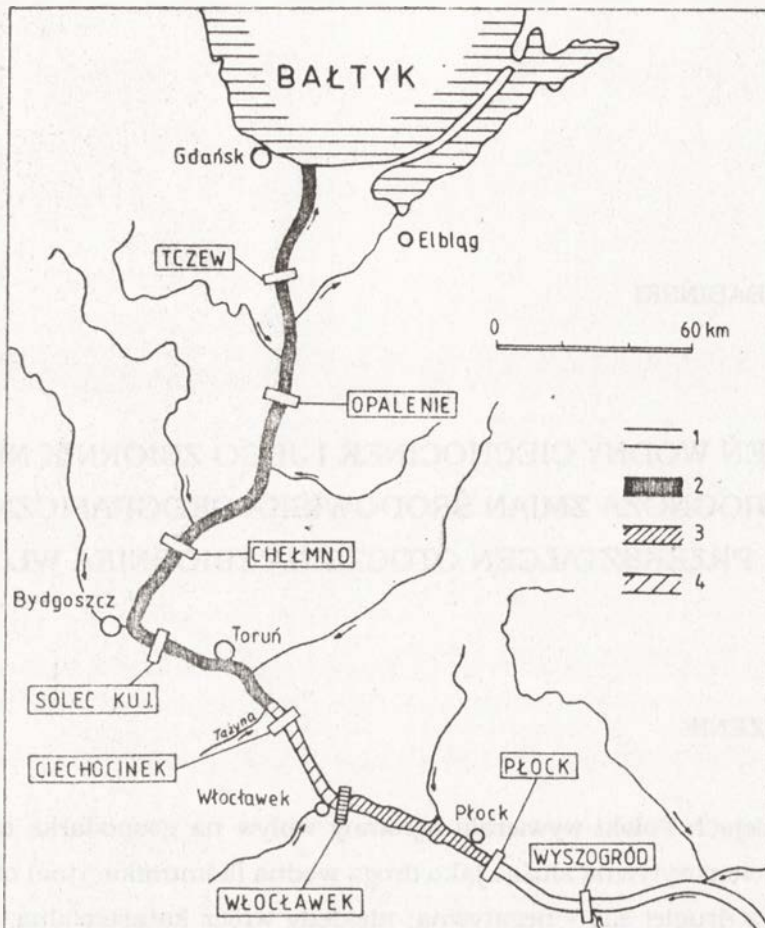
40. Author disclosures of conflicts of interest and author contributions to the article ..... 40

ZYGMUNT BABIŃSKI

STOPIEŃ WODNY CIECHOCINEK I JEGO ZBIORNIK NIESZAWA  
- PROGNOZA ZMIAN ŚRODOWISKA GEOGRAFICZNEGO  
NA TLE PRZEKSZTAŁCENÍ OTOCZENIA ZBIORNIKA WŁOCŁAWEK

WPROWADZENIE

Wisła w dziejach Polski wywierała ogromny wpływ na gospodarkę człowieka. Z jednej strony pełniła rolę pozytywną służąc jako droga wodna (komunikacyjna) oraz źródło dostawy i zrzutu wody, z drugiej zaś - negatywną, niekiedy wręcz katastrofalną, poprzez sezonowe zalewanie równiny zalewowej, powodowane zimowo-wiosennymi zatorami śryżowo-lodowymi, wiosennymi wezbraniami roztopowymi czy letnimi opadowymi. Do negatywnych cech należy również zaliczyć okresowe susze letnio-jesienne. Te niekorzystne dla gospodarki człowieka zjawiska hydrologiczne Wisły wraz z czynnikami niehydrologicznymi, takimi jak warunki lodowe i geologiczne czy morfologia koryta sprawiły, że od II połowy XIX w. rozpoczęto prace zmierzające do wyeliminowania utrudnień w drożności koryta i anomalii reżimu hydrologicznego rzeki. Początkowo prace te polegały na regulacji koryta (ostrogli) i równiny zalewowej (wały przeciwpowodziowe), później zaś na stworzeniu koncepcji budowy kaskady i realizacji w latach 60. pierwszego - i jak dotychczas jedynego - stopnia wodnego Włocławek (ryc. 1). Niestety, niepełna zabudowa hydrotechniczna nie przyniosła oczekiwanych rezultatów. Z tej powodu bowiem obecnie odcinek dolnej Wisły odznacza się dużą zmiennością typologiczną koryta, zróżnicowanym transportem rumowiska wlezonego i jego składem mechanicznym oraz lokalnymi utrudnieniami dla żeglugi i gospodarki wodnej. Szczególnie ujemny wpływ wywiera samotny stopień wodny Włocławek. W tej sytuacji nieodzowna staje się realizacja kaskady dolnej Wisły w systemie 8 zapór (ryc. 1), ze stopniem wodnym Ciechocinek jako następnym po Włocławku.



Ryc. 1. Rozmieszczenie stopni wodnych w kaskadzie dolnej Wisły na tle rozwoju koryta:

1 - nie uregulowanego, 2 - uregulowanego pod koniec XIX w., 3 - zbiornika włocławskiego, 4 - odcinka pod silnym wpływem stopnia wodnego Włocławek.

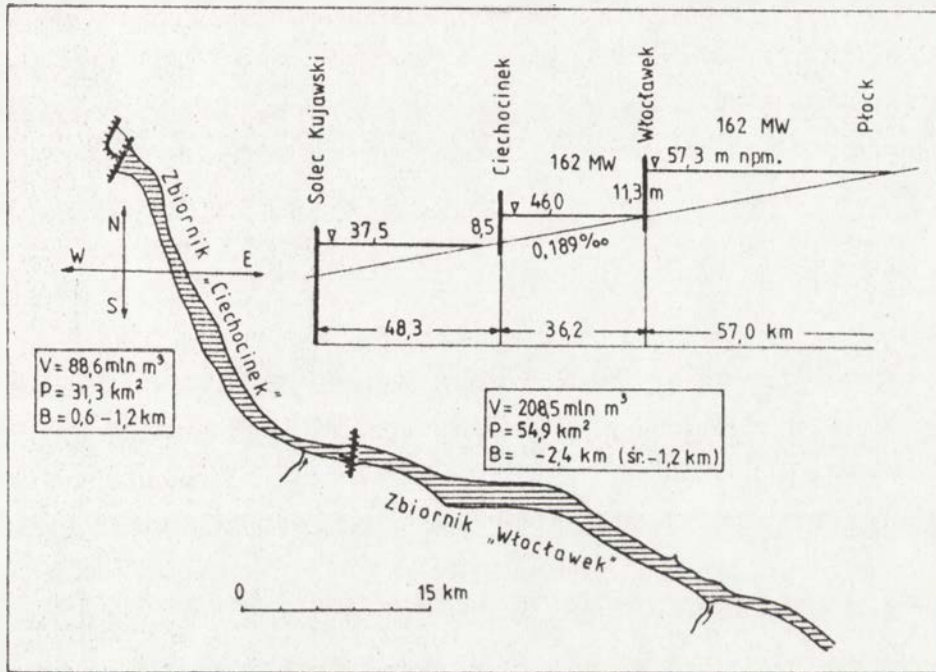
Localization of dams in the lower Vistula cascade on the background of channel development: 1 - unregulated, 2 - regulated by the end of 19 century, 3 - Włocławek reservoir, 4 - the reach being under strong influence of Włocławek dam.

#### CEL, ZAKRES I METODY PRACY

Celem opracowania jest określenie ilościowych i jakościowych zmian środowiska geograficznego w obrębie planowanego stopnia wodnego Ciechocinek. Podstawą analizy są dotychczasowe wyniki badań sąsiedniego zbiornika Włocławek o podobnych parametrach i warunkach (ryc. 2) oraz badań wpływu prac regulacyjnych na procesy korytowe odcinka Wisły poniżej ujścia rzeki Tażyny (ryc. 1). Opracowana prognoza dotyczy przemian zjawisk hydrologicznych i lodowych, procesów geodynamicznych, abrazyjnych, erozyjno-akumulacyjnych oraz warunków hydrogeologicznych badanych przez Zakład Geomorfologii i Hydrologii Nizów w Toruniu (Szupryczyński 1986). W pracy nie rozważano przekształceń środowiska geograficznego w odniesieniu do zmian klimatu na skutek powstania zbiornika, gdyż został on już wcześniej szczegółowo scharakteryzowany w opracowaniach Zakładu



Klimatologii IGIPZ PAN (Paszyński, Zych i Boniecka-Żółcik 1960, Paszyński, Szczęsna i Zych 1961) i w pracach dotyczących warunków klimatycznych Niziny Ciechocińskiej (Kozłowska-Szczęsna 1965, Kozłowska-Szczęsna i Zych 1967).



Ryc. 2. Charakterystyka morfometryczna zbiornika Włocławek i planowanego zbiornika Nieszawa w planie i w profilu podłużnym

The morphometrical characteristics of the Włocławek and Nieszawa reservoirs in plane nad longitudinal profile

Do analizy wpływu stopnia wodnego Ciechocinek na otoczenie wykorzystano przekroje hydrogeologiczne przez dolinę rzeki, profile podłużne i poprzeczne koryta, plany batymetryczne, zdjęcia lotnicze oraz plany sytuacyjno-wysokościowe. Sytuacją wyjściową do określenia zmian środowiska otoczenia planowanego zbiornika Nieszawa jest stan dna koryta Wisły poniżej stopnia wodnego Włocławek po 20 latach jego istnienia (Babiński 1992), natomiast prognozę postępujących szybko zmian koryta do chwili przewidywanego na rok 2003 ukończenia budowy stopnia wodnego Ciechocinek i po jego realizacji, opracowano na bazie dotychczasowych danych dotyczących zmian koryta poniżej zbiornika Włocławek, stosując metody statystyczne.



## WARUNKI NATURALNE DNA DOLINY WISŁY

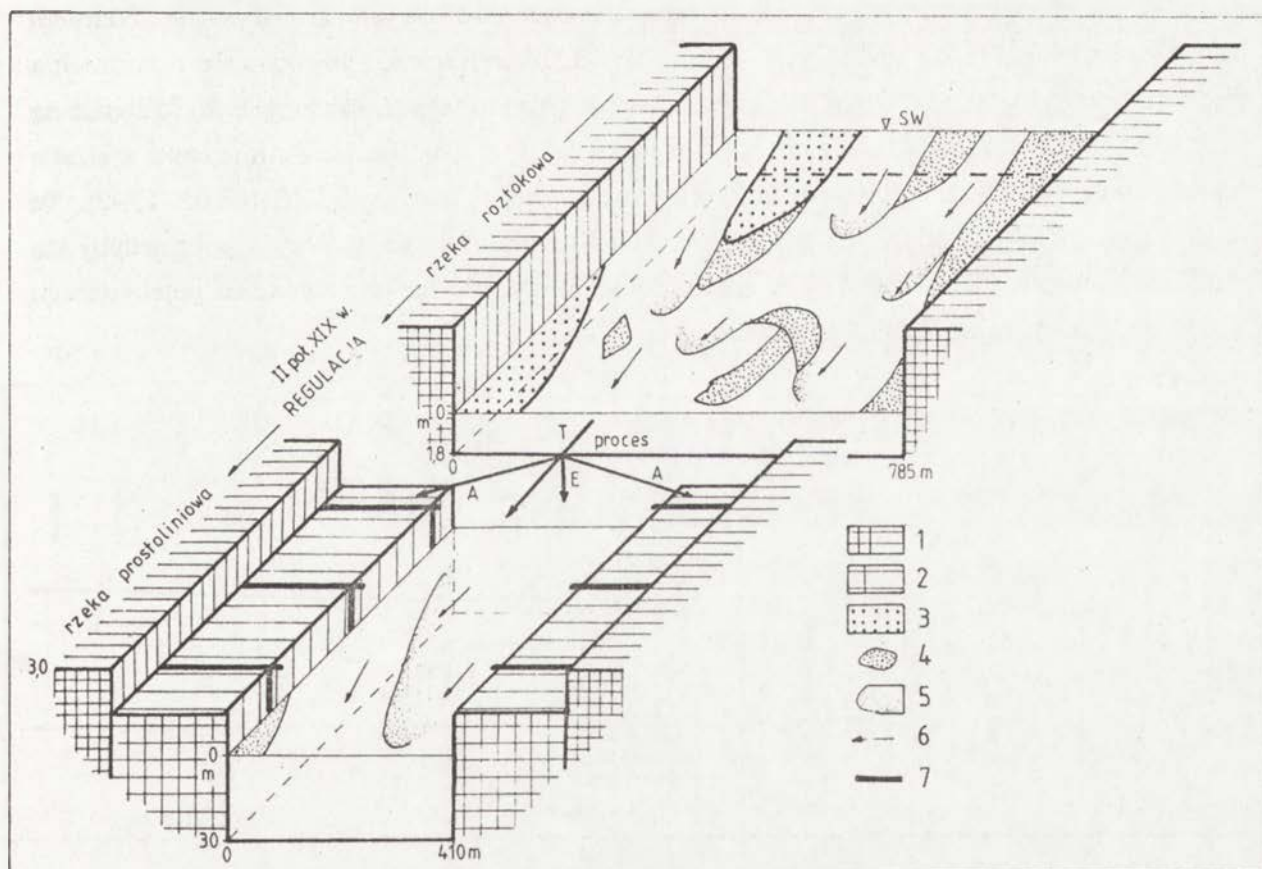
Rozwój dna doliny Wisły, na które składa się koryto oraz równina zalewowa, następuje pod wpływem wód płynących (procesy korytowe). Te z kolei są nierozzerwalnie związane ze zmianami klimatu i działalnością człowieka. Holocenijskie fluktuacje klimatu, mające decydujący wpływ na przekształcenie koryt wielu rzek w Polsce - w tym górnej i środkowej Wisły - nie przyczyniły się jednak do większych zmian badanego odcinka dolnej Wisły. Przez cały holocen reprezentował on typ rzeki roztokowej i częściowo anastomozującej z licznymi wyspami oraz łachami piaszczystymi. Przykładem tego typu może być koryto współczesnej Wisły powyżej zbiornika Włocławek oraz odcinek akumulacyjny poniżej strefy erozyjnej stopnia wodnego (ryc. 1).

Jednolity charakter procesów korytowych dolnej Wisły, typowy dla rzeki roztokowo-anastomozującej, w okresie średniowiecza nie stanowił utrudnień dla ówczesnej żeglugi. W tym bowiem czasie notuje się rozkwit transportu rzeczno-jeziornego na Wiśle. Dopiero ostatnie trzysta lat intensywnej działalności człowieka w obrębie całej zlewni odmieniło gospodarczy obraz rzeki. Na skutek upraw roślin, głównie okopowych, wyrębu lasów itp., nastąpił wzrost dostawy rumowiska do koryta. Za jego przyczyną górny i środkowy odcinek Wisły uległ przekształceniu z rzeki meandrującej w roztokową (Falkowski 1967), zaś dolny utrwalił się jako „dziki”. Z tego względu, a także z powodu wzrostu tonażu statków, dalsze korzystanie z Wisły jako arterii komunikacyjnej stało się utrudnione, a miejscami niemożliwe. Ten typ koryta stwarzał ponadto zagrożenie powodziowe powodowane głównie przez zatory śryżowolodowe. W tej sytuacji należało dokonać regulacji koryta.

## DNO DOLINY DOLNEJ WISŁY W WARUNKACH POREGULACYJNYCH

Zapoczątkowane w połowie XIX w. i zintensyfikowane pod jego koniec prace regulacyjne na odcinku Wisły poniżej ujścia Tażyny (ryc. 1), spowodowały radykalne zmiany warunków hydrodynamicznych i morfologicznych rzeki. Dzięki budowie ostróg rzecznych nastąpiło prawie dwukrotne zwężenie koryta i wyprostowanie jego strefy nurtu. Dało to impuls do pogłębiania się strefy regulacyjnej, a ponadto przyczyniło się do podniesienia obszarów między poszczególnymi ostrogami. W rezultacie, po ponad stu latach istnienia zabudowy hydrotechnicznej, dno koryta obniżyło się przeciętnie o 1,3 m, natomiast strefa międzyostrogowa podniosła się o około 1,8 m, tworząc pas nowo powstałej równiny zalewowej o szerokości około 375 m (ryc. 3). Spowodowało to również zmianę procesu korytowego rzeki roztokowej na charakterystyczny dla rzeki prostoliniowej lub częściowo ograniczonego os-

trogami meandrowania (ryc. 3). Wyspy rzeczne oraz łachy centralne zostały zastąpione łachami skośnymi. Wraz z tymi przekształceniami koryta nastąpiły także zmiany ilości transportowanego rumowiska włączonych z przeciętnie 1,9 mln m<sup>3</sup> na 1,3 mln m<sup>3</sup> w ciągu roku (ryc. 4B). Badania dynamiki łach wykazały, że obecnie Wisła na odcinku uregulowanym pod Toruniem transportuje od 84 tys. m<sup>3</sup> w ciągu roku „suchego” do ponad 2,3 mln m<sup>3</sup> w roku wilgotnym - przeciętnie ponad 567 tys. m<sup>3</sup> rocznie w okresie 1971-1990 (Babiński 1992).



Ryc. 3. Schemat rozwoju procesów korytowych Wisły w wyniku przeprowadzonych w II połowie XIX w. prac regulacyjnych:

- 1 - równina zalewowa, 2 - nowo powstała równina zalewowa, 3 - kępy i odsypy brzegowe,  
4 - wynurzone fragmenty łach, 5 - zanurzone fragmenty łach; 6 - kierunki prądów rzecznych, 7 - ostrogi;  
T - transport, E - erozja, A - akumulacja, SW - średni stan wody.

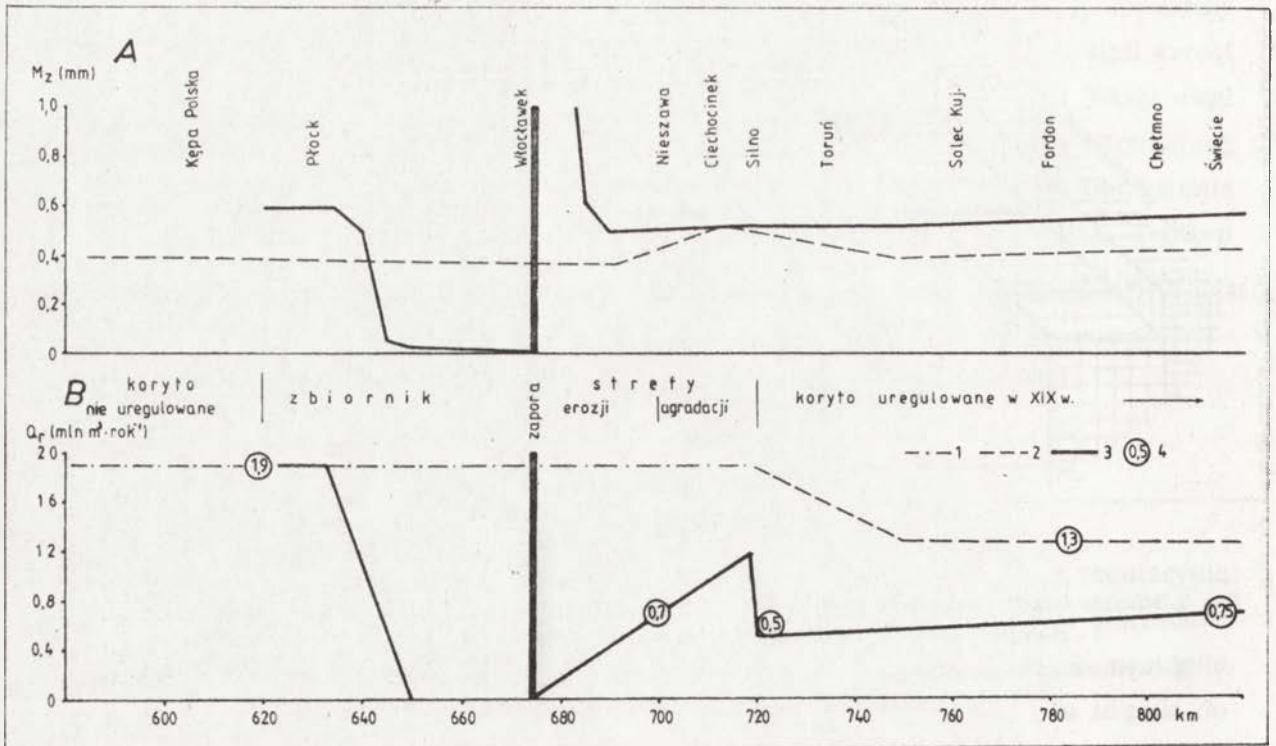
The scheme of Vistula fluvial processes changes caused by regulation works carried out in the end of 19 century;

- 1 - flood plain, 2 - new flood plain, 3 - islands and fixed side bars,  
4 - emerged parts of bars, 5 - submerged parts of bars, 6 - water currents, 7 - groynes,  
T - transport, E - erosion, A - accumulation, SW - mean water level.



W rezultacie XIX-wiecznych prac regulacyjnych analizowany odcinek dolnej Wisły uległ podziałowi na górny, roztokowo-anastomozujący i dolny, prostoliniowy-uregulowany z granicą między nimi w ujściu Tażyny (ryc. 1). Konsekwencją prac regulacyjnych były także zmiany morfometrii i morfologii koryta (ryc. 3) oraz zróżnicowanie warunków transportu rumowiska wleczonego (ryc. 4B).

Prace regulacyjne, choć zmniejszyły zagrożenie powodziami śryżowo-lodowymi (na początku regulacji nawet je spotęgowały, lecz były to ostatnie tego typu powodzie na tym odcinku), to jednak nie przyczyniły się do wzrostu znaczenia Wisły jako arterii wodnej. Zdaniem R. Ingardena (1921) na niektórych, lokalnych odcinkach wręcz spowodowały utrudnienia żeglugi, przewyższając pod tym względem nawet warunki rzeki roztokowej. Było to związane ze zbyt wyprostowanym przebiegiem strefy nurtu, nadmierną akumulacją rumowiska w strefie między ostrogami oraz wpływem budowy geologicznej - tzw. „rafy” (Babiński 1992). Te niekorzystne dla gospodarki człowieka warunki hydromorfologiczne koryta poprawiłyby się radykalnie w przypadku budowy kaskady dolnej Wisły, ale nie w przypadku pojedynczego stopnia wodnego takiego jak Włocławek.



Ryc. 4. Charakterystyka osadów dennych - A i transportu rumowiska wleczonego - B w profilu podłużnym Wisły od Kępy Polskiej do Świecia:

1 - przed regulacją, 2 - w latach 50. XX w., 3 - po 20 latach eksploatacji stopnia wodnego Włocławek (1990), 4 - dane pomiarzone.

Characteristic of bottom grain-size - A and bed-load transport - B in longitudinal profile from Kępa Polska to Świecie.

1 - before regulation works, 2 - in the 1950th, 3 - after 20 years of Włocławek dam existence (1990), 4 - measured data.



## SKASKADOWANIE RZEKI

Kaskada stopni piętrzących jest systemem stopni wodnych zrealizowanych w taki sposób, aby spiętrzenie na niższym stopniu sięgało dolnego stanowiska stopnia wyższego (ryc. 1 i 2). Dzięki temu następuje całkowite podporządkowanie reżimu hydrologicznego rzeki, a tym samym znacznie efektywniejsze wykorzystanie jej zasobów wodnych. Skaskadowanie rzeki przyczynia się do:

- zmniejszenia spadku zwierciadła wody, a więc i prędkości płynięcia wody, eliminując lub ograniczając ruch rumowiska wraz ze wszystkimi jego negatywnymi skutkami;
- ograniczenia wahań zwierciadła wody, umożliwiając dogodniejsze warunki poboru i zrzutu wód dla wodochłonnego przemysłu oraz zaopatrzenia rolnictwa w wodę, w tym również przerzuty wody w deficytowe regiony kraju;
- stabilizacji wód gruntowych w strefach przyzbiornikowych;
- zmniejszenia (wyeliminowania) zagrożeń powodziami zatorowymi, stwarzając znacznie dogodniejszy niż na rzece swobodnie płynącej spływ lodu;
- podniesienie parametrów drogi wodnej, zaś stopnie wodne mogą być wykorzystane jako przejścia drogowe;
- utworzenia ośrodków rekreacji i wypoczynku w otoczeniu zbiorników;
- osiągnięcia znacznych korzyści pochodzących z taniej i ekologicznie czystej energii elektrycznej. Zasobność energetyczną Wisły określa się na produkcję około 4 mld kWh, co stanowi około 33% zasobów energetycznych rzek polskich.

## KONCEPCJA KASKADY DOLNEJ WISŁY

Pomysł skanalizowania Wisły sięga jeszcze lat 30. obecnego stulecia, jednak dopiero 20 lat później powstała koncepcja techniczna i ekonomiczna tej ogromnej inwestycji. Składało się na nią wówczas 7-9 stopni wodnych na odcinku dolnej Wisły.

Budowę pierwszego stopnia wodnego we Włocławku przeprowadzono w latach 1962-1970, przy czym całkowite wypełnienie zbiornika trwało do 16 sierpnia 1970 r. Niestety, z braku funduszy zaniechano budowy dalszych stopni, co - jak się okazało na przykładzie istniejącego stopnia Włocławek - przyniosło gospodarce ogromne straty. One to sprawiły, że pod koniec lat 70. wrócono do problemu kaskady dolnej Wisły. Opracowano i zatwierdzono założenia techniczno-ekonomiczne stopnia Ciechocinek, sporządzono projekty techniczne obiektów zaplecza budowy i rozpoczęto ich realizację. Ponadto określono najkorzystniejsze lokalizacje stopni wodnych i parametrów elektrowni. Dla każdej przyjętej lokalizacji analizowano przybliżony

zakres robót podstawowych, wpływ piętrzenia na przyległe tereny oraz niezbędne zabezpieczenia przed ujemnym wpływem piętrzenia. Ostatecznie określono 8 stopni kaskady dolnej Wisły (ryc. 1).

#### CHARAKTERYSTYKI STOPNIA WODNYCH I ICH ZBIORNIKÓW WŁOCLAWEK I CIECHOCINEK

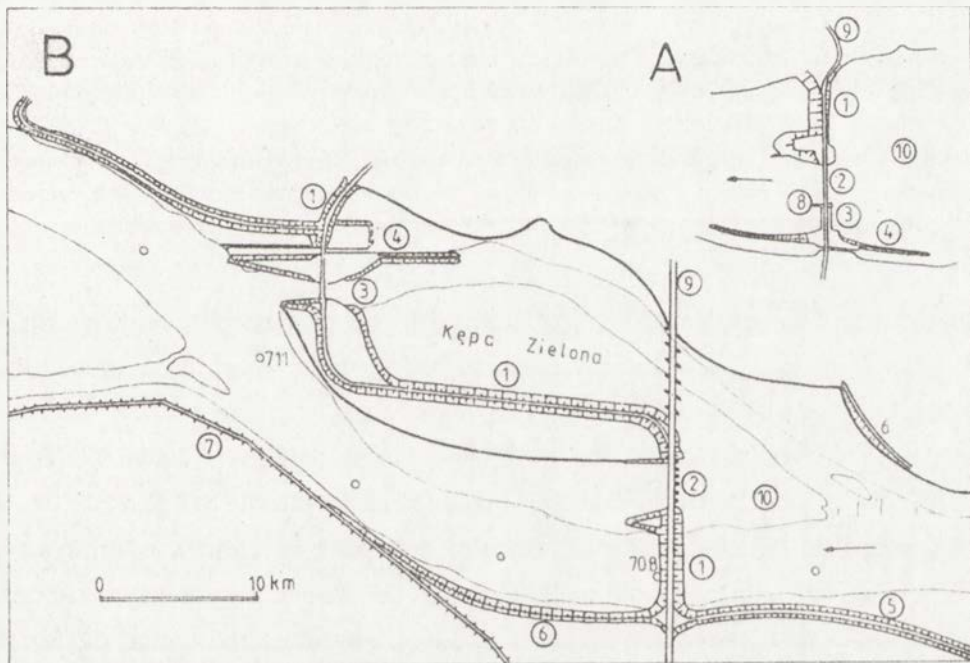
Stopień wodny i zbiornik Włocławek wraz z Ciechocinkiem (ryc. 5) stanowią środkową część kaskady dolnej Wisły. Rozpoczęcie budowy kaskady od stopnia wodnego Włocławek, a następnie Ciechocinka jako jego „podparcia”, było związane głównie z możliwością osiągnięcia bardzo korzystnych efektów ekonomicznych, dogodnym zlokalizowaniem obiektów i stosunkowo małym ich wpływem na otaczające tereny. Stopień wodny Włocławek, na który składają się (od lewego brzegu): śluza, elektrownia, przepławka dla ryb, jaz i zapora czołowa, usytuowany jest w linii prostej, prostopadle do brzegów (ryc. 5). Z podobnych elementów składać się będzie stopień wodny Ciechocinek, przy czym ich przebieg ma zmienny kształt podobny do litery S oraz przeciwstawny względem brzegów układ. W strefie zapory czołowej Włocławek spiętrzenie wód wynosi przeciętnie 11,3 m, natomiast w planowanym stopniu Ciechocinek będzie o 33% niższe (ryc. 2). Powstały na skutek 522-dniowego piętrzenia wód zbiornik Włocławek jest obecnie i będzie nawet po wybudowaniu całej kaskady dolnej Wisły największym zbiornikiem w Polsce. Jego powierzchnia wynosi prawie 70,0 km<sup>2</sup>, przewyższając o 75% planowany zbiornik nieszawski, który powstanie za stopniem w Ciechocinku. Podobne będą relacje długości i przeciętnej szerokości obydwu zbiorników (50%), natomiast w odniesieniu do ich pojemności proporcje te wzrosną do 135% (ryc. 2); można więc przyjąć, że zbiornik Włocławek jest o prawie 75% większy od planowanego Nieszawa. Pomimo tych znacznych różnic morfometrycznych zainstalowana moc elektrowni wodnych w obydwu przypadkach jest jednakowa i wynosi 162 MW (ryc. 2).

#### WPLYW STOPNIA WODNEGO I ZBIORNIKA WŁOCLAWEK NA ŚRODOWISKO NATURALNE PO 20 LATACH JEGO EKSPLOATACJI

Z wybudowaniem pierwszego elementu kaskady dolnej Wisły - stopnia wodnego Włocławek wiąże się wiele procesów i zmian środowiska geograficznego (ryc. 6). Pierwszym istotnym procesem powodującym przekształcanie dna doliny była **erozja boczna** koryta poniżej realizowanej zapory czołowej, wywołana całkowitym przegrodzeniem koryta rzeki stopniem i przerzuceniem nurtu z prawego brzegu na lewy. Dostosowywanie się dna doliny do



nowych warunków hydrodynamicznych rozprzestrzeniało się na odcinku ponad 20 km i trwało przez pierwsze cztery lata istnienia zbiornika (Babiński 1982). Erozja boczna zaznaczyła się przede wszystkim w lewobrzeżnej strefie kęp Włocławskiej i Grodzkiej oraz na prawym brzegu kępy Krzywogórskiej i przebiegała z przeciętną intensywnością 1,75 m na rok. W późniejszym okresie, a zwłaszcza po 20 latach działalności stopnia, proces ten został niemal całkowicie zahamowany na skutek stabilizacji koryta przy wydatnym udziale prac regulacyjnych (Babiński 1992). Należy dodać, że proces erozji bocznej poniżej stopnia wodnego Ciechocinek odegra drugorzędą rolę w przekształcaniach środowiska ze względu na obustronny zrzut wody ze zbiornika nieszawskiego (ryc. 5).



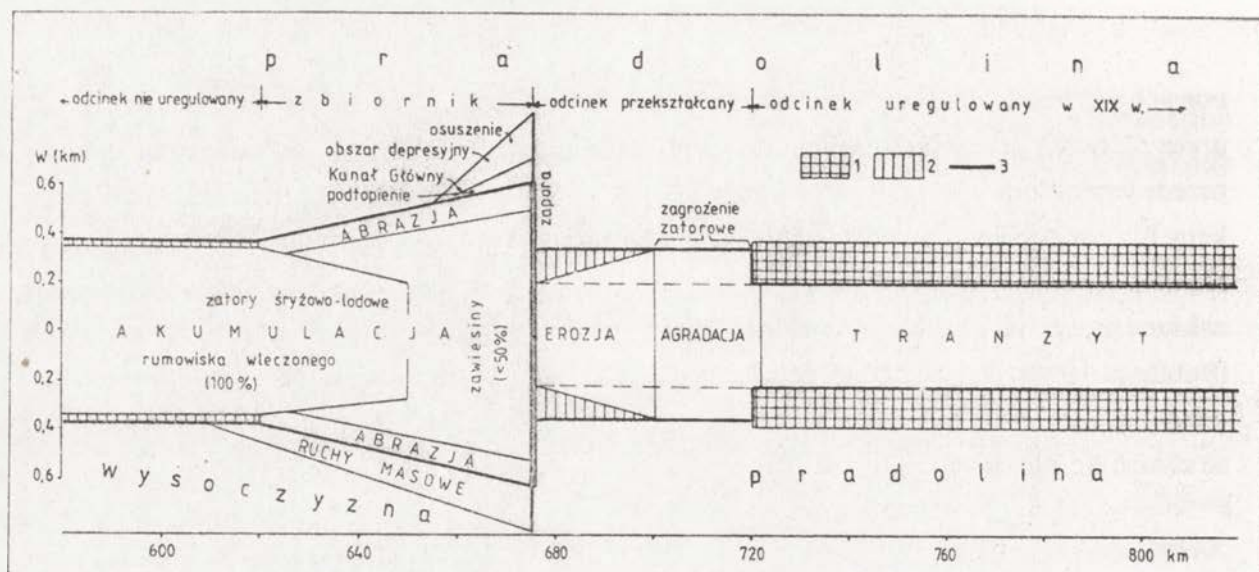
Ryc. 5. Schematyczny plan stopni wodnych: A - Włocławek, B - Ciechocinek

1 - ziemna zapora czołowa, 2 - jaz, 3 - elektrownia, 4 - śluza, 5 - zapora boczna, 6 - planowany wał przeciwpowodziowy, 7 - istniejący wał przeciwpowodziowy, 8 - przepławka dla ryb, 9 - droga, 10 - zbiornik.

The scheme plan of water dams: A - Włocławek, B - Ciechocinek

1 - earth dam, 2 - spillway section, 3 - electro power-station, 4 - navigation lock, 5 - side earth bound, 6 - planned flood bank, 7 - flood bank, 8 - fish-passing facility, 9 - road, 10 - reservoir.





Ryc. 6. Elementy i procesy środowiska geograficznego występujące na odcinku od Kępy Polskiej do Świecia:  
 1 - równina zalewowa powstała w wyniku XIX-wiecznych prac regulacyjnych, 2 - równina zalewowa tworzona w okresie działalności zbiornika Włocławek, 3 - schematyczna szerokość koryta Wisły po wypełnieniu zbiornika Włocławek.

Elements and process in geographical environment occurring along lower Vistula from Kępa Polska to Świecie:  
 1 - flood plain created after 19 century regulation works, 2 - flood plain created during Włocławek reservoir existence,  
 3 - mean width of Vistula channel after filling up of Włocławek reservoir.

Najistotniejsze przekształcenia środowiska naturalnego w obrębie realizowanego stopnia wodnego Włocławek nastąpiły jednak dopiero od rozpoczęcia wypełniania zbiornika wodą 12 marca 1969 r. Od stopnia w górę rzeki sukcesywnie zmniejszał się spadek zwierciadła wody z wartości typowej dla rzeki - 0,191 ‰ do typowej dla zbiorników - 0,005 ‰ (Glażik 1978). Wraz z nim malała amplituda wahań poziomu wody z maksymalnie 5-7 m do 1,8 m. Wzrastała głębokość (średnio od 1,8 m do 5,5 m) i szerokość rzeki (przeciętnie z 765 m na 1200 m - ryc. 6), zmniejszała się szybkość płynięcia wody. Cofka zbiornika w chwili zakończenia jego wypełniania, które nastąpiło w końcu 1970 r., osiągnęła odległość ponad 57 km od zapory czołowej. W jej strefie rozpoczął się najważniejszy i - jak się później okazało - najbardziej niebezpieczny proces morfotwórczy - całkowita **akumulacja rumowiska wlezonego** (ryc. 4B i 6). Czoło sypanego przez rzekę płaszczystego stożka o charakterze deltowym obecnie rozprzestrzenia się aż do 650 km biegu Wisły, a więc na odległość ponad 20 km w głąb zbiornika (ryc. 4B). Dowodzą tego także analizy sedymentologiczne - w tej właśnie strefie kończy się udział płasków w osadach dennych (ryc. 4A). Poniżej niej do zapory czołowej akumulowane są wyłącznie **osady mułkowe** (ryc. 6) pochodzące z zawiesiny. Jest tu magazynowane do 50% całkowitego ładunku transportowanej zawiesiny, która ulega następnie kompaktacji. Temu procesowi towarzyszy kumulacja osadów o wysokiej zawartości autochtonicznej materii organicznej, związków fosforu i azotu. Osady te zawierają znaczne ilości substancji toksycznych. Zdaniem badaczy z Instytutu Biologii UMK, na dnie zbiornika włocławskiego ulega redukcji około 26% transportowanego przez rzekę fosforu i około 9% azotu (Gziński 1992). Powoduje

to zmiany jakości wód w jego obrębie, uwidoczniające się głównie spadkiem zawartości tlenu i mineralizacją podstawowych nutrientów przy jednoczesnym spadku ich stężenia. Ma to także wpływ na proces samooczyszczania wód Wisły. Stanowi jednocześnie duże zagrożenie ekologiczne dla zbiornika: powtórne wprowadzenie osadów w stan zawiesiny (resuspensja) podczas bagrowania zbiornika w 1986 r. spowodowało wzburzenie toksycznych osadów, wywołując ostry deficyt tlenu w wodzie. Brak tlenu, bądź znaczne ograniczenie jego zawartości, stało się następnie przyczyną masowego śnięcia ryb (Giziński 1992). Według obserwacji pracowników Okręgowej Dyrekcji Gospodarki Wodnej we Włocławku głównym tego powodem miała być wysoka temperatura wody. Problem ten mający szczególne znaczenie przy kaskadowej zabudowie rzeki, jest więc w dalszym ciągu otwarty.

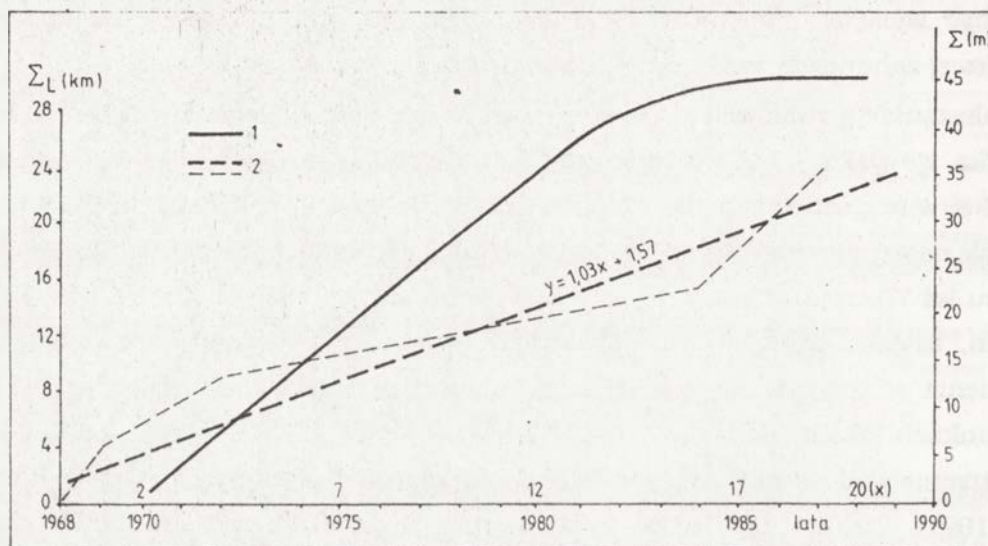
Z akumulacją rumowiska wlezonego wiąże się pośrednio inne, również szkodliwe dla człowieka zjawisko - **zatory śryżowo-lodowe**. Tworzą się one głównie w górnej części zbiornika, w miejscu załamania się spadku zwierciadła wody i zmiany prędkości przepływu, tam gdzie następuje osadzanie rumowiska wlezonego. Według obliczeń W. Śliwińskiego (1979) w końcu lat 70. rzedne dna w rejonie delty podniosły się miejscami do 4,5 m. Wszystkie te czynniki, mające odbicie w nagłej zmianie warunków hydraulicznych rzeki, powodują utrudnienia w spływie kry lodowej i śryżu, które gromadzą się i splętrzają w tej strefie. W warunkach takich jak w styczniu 1982 r. może dojść do zatorowego, ponad 3-metrowego nadpiętrzenia wód zbiornika i przerwania wałów przeciwpowodziowych (Grześ i Banach 1983, Grześ 1991). Efektem tego mogą być powodzie przynoszące ogromne straty ekonomiczne i gospodarcze, wynikające między innymi z zalewów obszarów uprawowych, niszczenia inwentarza i domostw. Dotychczas powodziom zapobiegano (choć nie zawsze z żądanym skutkiem) poprzez prace bagrownicze, które jak wspomniano wyżej, mogą wywierać ujemny wpływ na życie biologiczne akwenu (resuspensja). Należy dodać, że w dolnej - przyzaporowej części zbiornika zjawiska lodowe przebiegają bezzatorowo. Powstaje tu ciągła pokrywa lodowa, która ma szkodliwy wpływ jedynie na strefę brzegową zbiornika. Jej nacisk na osady brzegowe powoduje bowiem ich splętrzanie w formie wałów, destabilizując efekty procesów abrazyjnych (Gierszewski 1988).

**Procesy abrazyjne** są kolejnym zjawiskiem wynikającym z przekształcenia reżimu hydrologicznego rzeczno-zbiornikowego. Abrazja falowania wiatrowego zwiększonej powierzchni wodnej zastąpiła dotychczasową erozję boczną Wisły (ryc. 6). Powstające na otwartym zbiorniku fale o maksymalnej wysokości 1,1 m, zaś w obrębie krawędzi płyczniny przybrzeżnej do 0,7 m (Banach 1988), powodują rozmywanie osadów brzegu macierzystego. Osady te są następnie sortowane i transportowane przez fale wzdłuż brzegu lub w głąb, ku otwartemu zbiornikowi. Efektem tego najczęściej dwukierunkowego przemieszczania osadów jest przyrost szerokości platformy przybrzeżnej oraz spłaszczenie jej powierzchni. Generalnie prowadzi to do wyrównywania linii brzegowej i gwarantuje spadek aktywności procesu przekształcania brzegu wzmoczonego bezpośrednio po splętrzeniu (Banach 1988). To właśnie



sprawia, że po 10-15-letnim intensywnym przekształcaniu strefy brzegowej rozpoczęło się stadium dynamicznej równowagi. Nie oznacza to bynajmniej jej zupełnej stabilizacji. Dotyczy to szczególnie ingerencji człowieka w ten proces poprzez intensywne prace bagrownicze.

Zróżnicowanie budowy geologicznej prawego - wysokiego brzegu zbiornika wraz z podniesieniem się bazy erozyjno-denudacyjnej Wisły przy zaporze czołowej o 10,5 m w Dobrzyńiu o 7,9 m i w Płocku o 2,5 m, zintensyfikowało ruchy masowe (Banach 1977).



Ryc. 7. Tempo rozwoju ruchów masowych i procesów erozyjnych w strefie oddziaływania zbiornika Włocławek: 1 - krzywa kumulacyjna przemieszczania czoła osuwiska w Dobrzyńiu (Banach 1985), 2 - prosta regresji i krzywa kumulacyjna przemieszczania się czoła strefy erozyjnej poniżej stopnia wodnego.

The rate of mass movements and erosional processes in the zone of Włocławek reservoir activity:

- 1 - cumulative curve for horizontal displacement of the landslide at Dobrzyń (after Banach 1985), 2 - regression line and cumulative curve of the erosional head shifting downstream from the Włocławek dam.

Bezpośrednio podmywany przez Wisłę brzeg o wysokości około 45 m jest zbudowany z niemal harmonijnie sfałdowanych utworów trzeciorzędowych, przykrytych horyzontalnie ułożonymi utworami czwartorzędowymi. W miejscu wychodni piaszczysto-burowęglowego miocenu tworzą się wysokie partie brzegu w postaci cypli, gdzie rozwijają się cykliczne procesy geodynamiczne typu obrywów i osypów. W niszach płicoeńskich ilów rozwijają się natomiast powolne ruchy typu zsuwów, spływów i zlizisk (Banach 1977). Ruchy masowe dostarczają osadów do zbiornika. Według badań M. Banacha (1988) w okresie 1976-1980 średnia roczna dostawa materiału z brzegu wynosiła 0,27 mln m<sup>3</sup>, natomiast w latach 1981-1985 tylko 0,14 mln m<sup>3</sup> na rok. Oznacza to, że tempo ruchu osuwisk było zmienne w czasie, przy czym większa



intensywność występowała w pierwszych latach istnienia zbiornika. Później, na skutek rozwinięcia się platformy abrazyjnej, „podparcia” przez nią zbocza i wydłużenia stoku, intensywność ruchów masowych spadła (ryc. 7).

W wyniku spiętrzenia wód następują **zmiany stosunków wodnych w obszarach przyległych**, głównie przez podtopienie terenów nisko położonych. W sposób trwały zostaje podniesiony poziom wód gruntowych, warunkowany reżimem hydrologicznym zbiornika. W dolnej części zbiornika, w strefie pozawałowej tworzy się obszar depresyjny. Jest on dodatkowo narażony na zalew powodziowy (wody ze zbiornika) powstały w wyniku ewentualnego przerwania tamy bocznej.

W przypadku zbiornika wrocławskiego największe zmiany hydrograficzne i hydrogeologiczne nastąpiły na lewym, niskim jego brzegu (ryc. 6). Są to łatwo przepuszczalne obszary pradoliny Wisły, częściowo depresyjne (około 14 km<sup>2</sup>), chronione zaporami bocznymi (Glazik 1978). W obszarach pozadepresyjnych, w strefie o szerokości do 0,5 km, zbiornik wrocławski drenuje wody podziemne. Oddziałuje na nie jako czynnik wyrównujący poziom wody, zmniejszający amplitudę stanów wody z około 2 m do 0,3-0,6 m. W obszarach depresyjnych natomiast zbiornik spełnia rolę zasilającą wody podziemne. W celu zabezpieczenia tych obszarów przed podtopieniem przeprowadzono prace odwadniające. Wybudowano system rowów i przepompowni oraz Kanał Główny (ryc. 6) przechwytyjący wody z pradoliny i wody infiltrujące ze zbiornika. Wody te są grawitacyjnie odprowadzane do Wisły poniżej stopnia wodnego. Kanał stanowi zarazem oś dzielącą obszar depresyjny na prawobrzeżny - przyzbiornikowy o podwyższonym zwierciadle wód gruntowych (podtopiony) i lewobrzeżny, o przesuszonych gruntach. Podobnie obniżenie poziomu wody gruntowej (maksymalnie o 2 m) nastąpiło w strefie przyzaporowej (Glazik 1978). Nadmierne przesuszenie gruntów, związane także ze złą budową rowów odwadniających (przegłębione), nie sprzyja rolnictwu, ale jest korzystne dla zabudowy.

Najbardziej istotnymi dla planowanego zbiornika Nieszawa zmianami środowiska naturalnego są **procesy korytowe** poniżej stopnia wodnego Włocławek. Składają się na nie wyżej opisana erozja boczna koryta oraz **erozja wgłębna** - jako czynnik wiodący. Erozja wgłębna, zapoczątkowana przegrodzeniem koryta zaporą czołową, została spowodowana odciążeniem wód od rumowiska wlezonego, w całości akumulowanego w górnej czaszy zbiornika (ryc. 4B, 6). Wody wypływające ze zbiornika pozbawione są tego ładunku, muszą więc uzupełniać go na drodze erozji wgłębnej. Oprócz tego, jak wykazały badania przeprowadzone w latach 1968-1987 (Babiński 1982, 1984, 1986, 1992), czynnikiem modyfikującym ten proces okazały się duże przyrosty energii kinetycznej i potencjalnej wód wypływających ze zbiornika, a powodowanych szczytowo-interwencyjną pracą elektrowni. Są one związane z wahaniami stanów wody dochodzącymi maksymalnie w okresie trwania średnich stanów wody do 2,5 m, a sporadycznie nawet do 3,0 m (Babiński 1982) i rozprzestrzeniającymi się na odcinku o długości około 200 km (Machalewski, Miłkowski i Rozwadowski 1974).

Jak wynika z 20-letnich badań, rozwój procesów erozyjnych poniżej stopnia wodnego nie przebiegał jednostajnie i - jak pierwotnie przypuszczano - ze stałą tendencją do wygasania (Babiński 1982). Przeciwnie - cechował się zróżnicowanym tempem przemieszczania się czoła strefy erozyjnej w dół rzeki. Generalnie jednak można przyjąć rozwój tego procesu w formie funkcji prostoliniowej (ryc. 7). Bazując na równaniu prostej regresji, skonstruowanej na podstawie badań terenowych (Babiński 1992), określa się, że czoło strefy erozyjnej w 1990 r. znajdowało się w odległości około 25 km od stopnia. Na tym odcinku wykształcił się typ koryta prostoliniowego o obniżonym do 3,5 m (przeciętnie 1,5 - 2,0 m) dnie erozyjnym i z nową równiną zalewową (ryc. 6). Proces przekształcania koryta przebiega tak samo jak w przypadku przeprowadzonych w końcu XIX w. prac regulacyjnych (ryc. 3), ale znacznie bardziej dynamicznie. Z kolei poniżej strefy erozyjnej tworzy się odcinek akumulacyjny (agradacyjny) z „utrwalonym” typem rzeki roztokowej (ryc. 6). Strefa ta ulega jednak ustawicznemu kurczeniu się na korzyść transgresywnego odcinka erozyjnego. Wraz z tymi przekształceniami hydromorfologicznymi koryta następują zmiany w ruchu rumowiska wleczonego i w składzie mechanicznym osadów budujących dno (ryc. 4). Generalnie zaznaczył się wzrost przeciętnej średnicy ziarn piasku o około 0,1 mm, przy czym w bezpośrednim sąsiedztwie stopnia dno jest zbudowane głównie z łu, gliny lub pokryte jest głazami. Ponadto erozja wgłębna, w ślad której następuje obniżanie się zwierciadła wody Wisły oraz wód gruntowych w obszarach przykorytowych, powoduje między innymi utrudnienia w poborze i zrzutach wód do rzeki poprzez „zawieszenie” urządzeń hydrotechnicznych. Temu zjawisku podlega także port zimowy we Włocławku oraz awanport stopnia wodnego. Trudności wynikające z procesu erozji wgłębnej ma żegluga śródlądowa. Są one spowodowane płytkim zaleganiem trudno rozmywalnych utworów dennych tworzących tzw. „rafy” w strefie erozyjnej i nagromadzeniem się łach piaszczystych w strefie akumulacyjnej. Strefa agradacji stanowi także miejsce tworzenia się zatorów śryżowo-lodowych - potencjalnego zagrożenia powodziowego dla Niziny Ciechocińskiej (ryc. 6). Niebezpieczeństwo powodzi może zmniejszyć się na skutek zastąpienia strefy akumulacyjnej, rozciągającej się do początku koryta uregulowanego Wisły (ujście Tażyny) - odcinkiem erozyjnym, bądź dzięki wybudowaniu stopnia wodnego Ciechocinek. W pierwszym przypadku może to nastąpić po roku 2020 (Babiński 1992), zaś w drugim, według założeń projektowych, już po roku 2003.

PROGNOZA ZMIAN ŚRODOWISKA GEOGRAFICZNEGO  
W STREFIE ODDZIAŁYWANIA STOPNIA WODNEGO CIECHOCINEK  
I ZBIORNIKA NIESZAWA

Stopień wodny Ciechocinek i jego zbiornik Nieszawa, ze względu na sąsiedztwo z wyżej usytuowaną zaporą Włocławek, będzie przejawiał podobne cechy i zmiany środowiska geograficznego. Nie wystąpi tu jednak szereg zjawisk typowych dla samotnych zbiorników, pewne procesy zaś ulegną redukcji z powodu jego mniejszych o około 1/3 rozmiarów.



Jednym z ważnych i niebezpiecznych dla człowieka procesów, który nie wystąpi w zbiorniku Nieszawa, jest akumulacja rumowiska wlezonego. Wiąże się to przede wszystkim z jego całkowitą sedymentacją w górnej czaszy zbiornika Włocławek (ryc. 4B, 6). Ma to również uzasadnienie w niemożliwości tworzenia się delty w górnej części zbiornika Nieszawa w wyniku redepozycji materiału dennego, którego brak wśród odpornych na erozję osadów dennych (dno erozyjne - ryc. 6). Brak akumulacji rumowiska wlezonego w górnej części zbiornika spowoduje, że jego dno w tym miejscu nie będzie ulegało spłyceciu. Nie będą więc wymagane prace bagrownicze, jak również nie zaznaczy się zagrożenie zatorami sryżowo-lodowymi. Mogą jedynie wystąpić zatory lodowe tworzące się ze spleźzonej kry spływającej ze zbiornika Włocławek - ułatwi to stała pokrywa lodowa zbiornika Nieszawa. Należy jednocześnie dodać, że bezpośrednio poniżej stopnia wodnego Ciechocinek nie wystąpią zjawiska lodowe podobnie jak to ma miejsce poniżej zapory Włocławek (Grześ 1991). Przystanie więc istnieć problem powodzi zatorowych dla Niziny Ciechocińskiej.

Nowym zjawiskiem w strefie dotychczasowej erozji wgłębnej, a następnie zajętej przez zbiornik Nieszawa, stanie się akumulacja zawiesiny. Zgodnie z danymi dla zbiornika Włocławek, wypływające z niego wody są pozbawione prawie 50% ogólnego ładunku zawiesiny (ryc. 6). Można przypuszczać, że w podobnej proporcji nastąpi jej dalsza redukcja w zbiorniku Nieszawa. W ten sposób akwen ten stanie się miejscem akumulacji osadów szkodliwych dla organizmów żywych oraz „filtrem” oczyszczającym wody wpływające do Zatoki Gdańskiej. Proces ten nabierze szczególnego znaczenia w układzie kaskady dolnej Wisły. W jej basenach zostanie zakumulowany i „przechowany” całkowity ładunek szkodliwych substancji transportowanych dotychczas Wisłą do morza. W tej sytuacji nieodzowne staną się zabiegi zmierzające do oczyszczania wód rzeki jeszcze przed ich wpłynięciem na obszar kaskady. Zastosowanie bowiem tylko prac bagrowniczych skompakcjonowanych osadów mułkowych bez ich uprzedniego oczyszczenia może przynieść ujemne rezultaty dla życia biologicznego, o czym wspomniano wyżej.

Z powstaniem zbiornika Nieszawa wiąże się proces abrazji w jego strefie brzegowej. W stosunku do zbiornika włocławskiego przebieg abrazji będzie mniej intensywny i krócej trwający. Jest to związane z morfologią tworzonego zbiornika, jego rozmiarami i usytuowaniem względem kierunku wiatru. Jeśli chodzi o morfologię zbiornika, to w chwili powstania będzie on miał rozwinięty układ nowego poziomu zalewowego typowy dla rzeki prostoliniowej (ryc. 3, 8). Zbiornik włocławski tej cechy nie miał, gdyż objął odcinek rzeki roztokowej, nie uregulowanej (ryc. 3) z prawym, wysokim brzegiem bezpośrednio podmywanym przez wody. Zalana powierzchnia nowego i zarazem dawnego - holocenińskiego poziomu zalewowego (zwłaszcza obustronnego), stanowi już rozwiniętą strefę abrazyjną, wyhamowującą energię fal wiatrowych. Tylko w nielicznych przypadkach, tam gdzie wody zbiornika będą podmywały wyższe poziomy terasowe pradoliny, zaznaczy się intensyfikacja abrazji (ryc. 8). Nie przybierze ona jednak tak wielkich rozmiarów jak na zbiorniku włocławskim - ma to uzasadnienie w morfometrii i układzie zbiornika względem kierunku wiatru. Zbiornik nieszawski bowiem będzie przeciętnie o 25% węższy, dlatego rozbieg fal i ich wysokość będą odpowiednio mniejsze. Energję falowania dodatkowo pomniejsza niezgodność osi zbiornika z sektorem



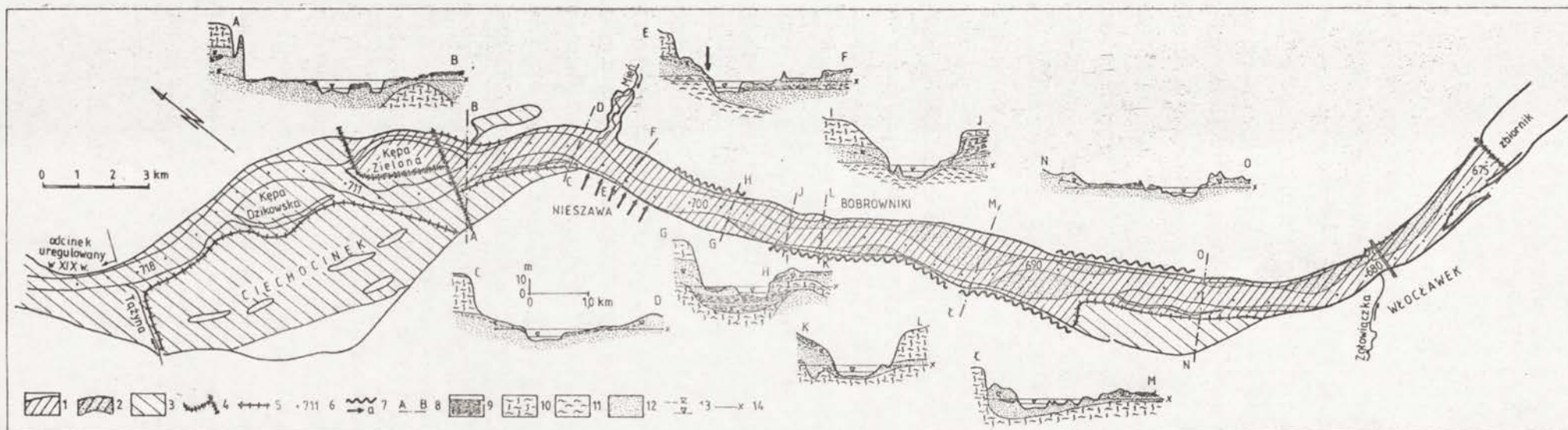
zachodnim (ryc. 2, 8) najczęściej wiejącego wiatru. Tylko na prawobrzeżnych odcinkach zbiornika, pomiędzy profilami F-H i M-O (ryc. 8) procesy abrazyjne osiągną 50-75% ich intensywności na zbiorniku Włocławek.

Dogodne warunki tworzenia się platformy abrazyjnej zbiornika Nieszawa (w przypadku 20 lat działalności zbiornika Włocławek platforma okazała się czynnikiem stabilizującym procesy zboczowe) oraz bardziej jednolite warunki geologiczne i morfologiczne zboczy sprawią, że ruchy masowe na nich staną się mniej aktywne. Według wstępnej prognozy, warunkom tworzenia się ruchów masowych odpowiada odcinek strefy brzegowej okolic Nieszawy (ryc. 8), zbudowany z piaszczystych koluwiów zalegających na ile trzeciorzędowym, którego powierzchnia jest obecnie wynurzona ponad zwierciadło wody Wisły (ryc. 8, profil E-F). Podniesienie się poziomu wody do rzędnej piętrzenia zbiornika 46 m n.p.m. spowoduje zmniejszenie kohezji materiału w płaszczyźnie koluwiów i iltu, a następnie spływ warstwy powierzchniowej gruntu. Wraz z ruchami masowymi rozpocznie się osuwanie budynków. Z tego względu zbocze, na którym usytuowana jest Nieszawa, musi być umocnione jeszcze przed piętrzeniem zbiornika.

Spiętrzenie wód Wisły przyczyni się do zmiany stosunków wodnych obszarów przyległych do zbiornika nieszawskiego. Dotyczy to wąskiej strefy niskiego brzegu oraz terenów depresyjnych - pozawałowych. Na obszarze niskiego brzegu, do którego należy zaliczyć kilkukilometrowy fragment prawego brzegu okolic mostu drogowego we Włocławku i poniżej ujścia rzeki Mień, nastąpi podniesienie się zwierciadła wody gruntowej (podtopienie terenów) z jednoczesną stabilizacją jego poziomu (amplituda do 0,6 m). Będzie to jednak zjawisko marginesowe w stosunku do warunków hydrogeologicznych obszarów depresyjnych.

Zbiornik Nieszawa w przeciwieństwie do zbiornika włocławskiego będzie się odznaczał małym udziałem przyzbiornikowych terenów depresyjnych (poza tamami bocznymi) oraz dużym - poniżej zbiornikowych. Depresje boczne wystąpią w obrębie lewobrzeżnej terasy korabnickiej (głównie podtopienie) oraz wschodniego fragmentu Niziny Ciechocińskiej (ryc. 8). W pierwszym przypadku nieodzowna stanie się budowa przepompowni ze względu na rozciągłość tego obszaru wzdłuż górnej części zbiornika. Niewielki obszar depresyjny powstały w dolnej części zbiornika może natomiast być odwadniany grawitacyjnie systemem rowów i zbiorczym kanałem głównym uchodzącym poniżej zapory czołowej. Aby nie przesuszyć terenów przyległych do kanału, jak to ma miejsce przy zbiorniku włocławskim, należy wykonać go do głębokości odpowiadającej naturalnym warunkom hydrograficznym (dno na głębokości około 41-42 m n.p.m.).

Powstanie zbiornika Nieszawa przyczyni się do utworzenia obszaru depresyjnego poniżej zapory czołowej, obejmującego niemal całą powierzchnię Niziny Ciechocińskiej (ryc. 8). Teren ten, w przypadku ewentualnego przerwania wałów bocznych bądź stopnia wodnego, a następnie wałów przeciwpowodziowych, może znaleźć się pod wodą wraz z zabudową Ciechocinka. Ze względu na podwójny system wałów ochronnych taka sytuacja jest jednak bardzo mało prawdopodobna.



Ryc. 8. Schematyczny plan zbiornika Nieszawa wraz z prognozą zmian środowiska geograficznego w jego obrębie i przekrojami hydrogeologicznymi przez dno doliny:  
 1 - powierzchnia planowanego zbiornika Nieszawa, 2 - nowo tworzony poziom zalewowy poniżej zbiornika Włocławek, 3 - obszary depresyjne, 4 - stopień wodny, 5 - tamy boczne, waly przeciwpowodziowe, 6 - kilometraż Wisły, 7 - strefy nasilenia procesów geodynamicznych, 8 - osuwanie gruntu, 9 - przekroje hydrogeologiczne, 9 - mulki, mada rzeczna, 10 - glina morenowa, 11 - il, 12 - utwory piaszczyste, 13 - stan wód podziemnych i Wisły przed spiętrzeniem, 14 - zwierciadło wody planowanego zbiornika Nieszawa.

The scheme plan of Nieszawa reservoir with the prognosis of geographical environment changes in it's vicinity and with hydrogeological cross profiles:

- 1 - water-table of Nieszawa reservoir, 2 - new flood plain created downstream from the Włocławek dam, 3 - depressions,
- 4 - water dam, 5 - side dam, flood banks, 6 - kilometres of Vistula, 7 - zone of intensive geodynamical processes, 8 - hydrogeological cross profiles, 9 - silt, wearp soil, 10 - till,
- 11 - clay, 12 - sands, 13 - ground water and Vistula water levels before damming, 14 - Nieszawa reservoir water level, planned.



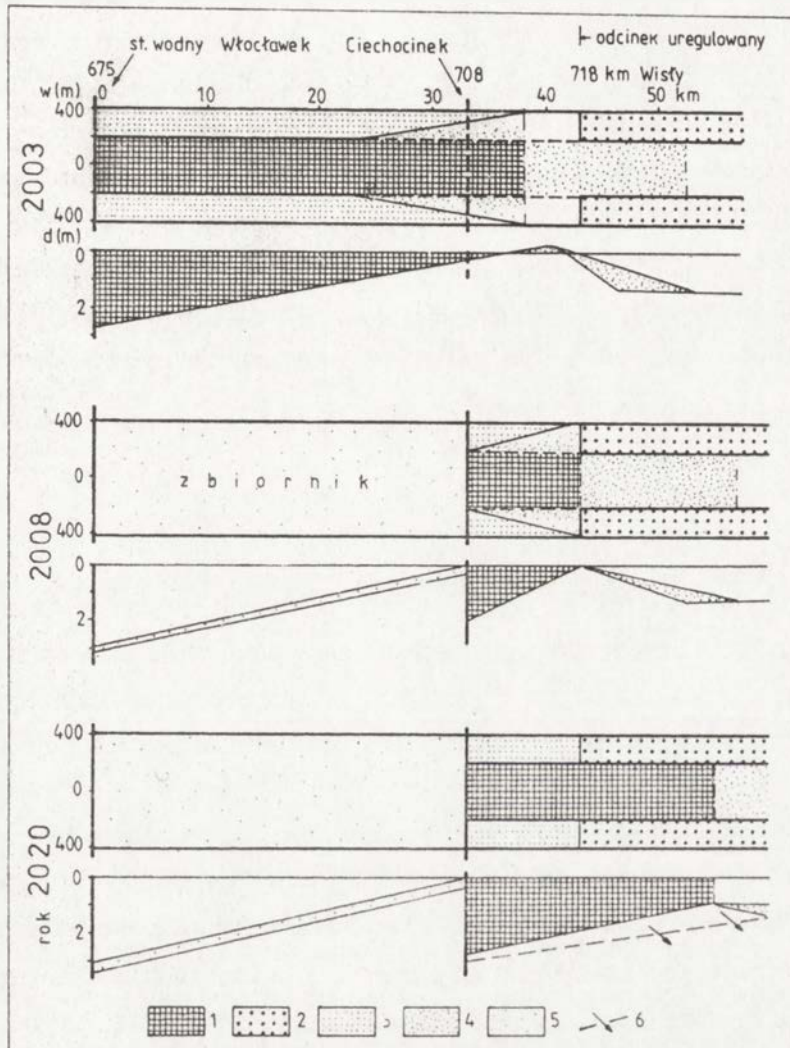
Warunki hydrograficzne i hydrogeologiczne obszaru depresyjnego Niziny Ciechocińskiej będą uzależnione nie tylko od wód zbiornika, lecz przede wszystkim, pośrednio, od procesów erozyjnych poniżej stopnia wodnego. Podobnie jak w przypadku stopnia wodnego Włocławek, poniżej zbiornika Nieszawa będzie następowało sukcesywne pogłębianie się dna koryta (ryc. 9). Wraz z nim będzie obniżało się zwierciadło wód gruntowych na obszarze Niziny Ciechocińskiej. Wyschną wszystkie mokradła znajdujące się na pozawałowym fragmencie równiny zalewowej. Należy przypuszczać, że do roku 2020 w strefie o szerokości 2-3 km wzdłuż koryta Wisły zwierciadło wody obniży się o 2-3 m, ustalając się na rzędnej 36-37 m npm.

Proces osuszania Niziny Ciechocińskiej generalnie wpłynie pozytywnie na rozwój miasta. Pozwoli pozyskać nowe obszary (równina zalewowa) pod zabudowę, ułatwi także odpływ wód z wysoczyzny (wzrost spadku na obszarze Niziny). Dotychczas bowiem nałożenie się wezbrań Wisły z intensywnym spływem wód z wysoczyzny utrudniało odwadnianie Niziny Ciechocińskiej. W tym celu stosowano przerzuty nadmiaru wód systemami przepompowni do rzeki Tażyny - Wisły. Obniżenie się dna koryta, powodujące wzrost spadku zwierciadła wód gruntowych w kierunku Wisły, może natomiast przyczynić się do wzmożonego drenażu silnie zasolonych wód jurajskich (Kucharski 1966). Pojawiają się one wraz z wodami czwartorzędowymi na skutek nieszczelności otworów wiertniczych (wody artezyjskie) i nieodpowiedniego ich zagospodarowania przez ośrodki balneologiczne Cielchocinka.

W celu dokładnego określenia tempa zmian warunków hydrograficznych i hydrogeologicznych Niziny Ciechocińskiej, związanych z procesem erozji wgłębnej, dokonano jego analizy na podstawie wyników badań poniżej stopnia wodnego Włocławek (ryc. 9). Zastosowując równanie prostej regresji do tempa przemieszczania się czoła strefy erozyjnej (ryc. 7) ustalono, że w momencie zakończenia budowy planowanego stopnia Cielchocinek (rok 2003?) czoło będzie znajdowało się w odległości około 38 km od zapory Włocławek - 5 km poniżej stopnia Cielchocinek (ryc. 9). Wpłynie to na obniżenie zwierciadła wód gruntowych we wschodniej części Niziny Ciechocińskiej, natomiast zachodnią jej część w dalszym ciągu będzie sąsiadowała ze strefą akumulacyjną o długości ponad 5 km i sięgającą początku odcinka uregulowanego. Nie wykluczone, że akumulacja wkroczy na odcinek koryta uregulowanego, powodując jego spływanie (ryc. 9). Spłycona strefa akumulacji, z licznymi łachami piaszczystymi, dzięki bliskości ze stopniem wodnym nie stworzy już zagrożenia powodziami zatorowymi.

Po pięciu latach funkcjonowania zbiornika (rok 2008) czoło strefy erozyjnej osiągnie początek uregulowanego odcinka Wisły (ryc. 9). Obniżone dno erozyjne połączy się z dnem koryta pogłębionym na skutek prac regulacyjnych. Gdyby nie wzmożona agradacja, występująca zawsze poniżej czoła strefy erozyjnej - od stopnia Cielchocinek w dół rzeki - Wisła byłaby w pełni żeglowna. Te dogodne warunki dla żeglugi (średnia głębokość koryta ponad 2 m) nastąpią dopiero po roku 2020 (ryc. 9), niezależnie od wybudowania stopnia wodnego w Cielchocinkach. Do tego czasu dno koryta ulegnie wyrównaniu i w pełni wykształci się nowy poziom zalewowy łącząc się z dawnym, powstałym w wyniku prac regulacyjnych. Można





Ryc. 9. Procesy erozyjno-akumulacyjne poniżej stopni wodnych Włocławek i Ciechocinek w planie ( $w$  - szerokość koryta) i w profilu podłużnym ( $d$  - przeciętne obniżenie-pogłębienie koryta) do roku 2003, 2008 i 2020:

1 - erozja wgłębna, 2 - poziom zalewowy utworzony w wyniku XIX-wiecznych prac regulacyjnych, 3 - nowo tworzony poziom zalewowy, 4 - akumulacja rumowiska, 5 - akumulacja zawiesziny, 6 - tendencje rozwojowe procesów erozyjnych.

Erosional-accumulation processes downstream from the Włocławek and Ciechocinek dam in a plane ( $w$  - width of channel) and in longitudinal profile ( $d$  - average incision of channel bottom) until 2003, 2008 and 2020 year:

1 - depth erosion, 2 - flood plain created after 19 century regulation works, 3 - new flood plain, 4 - accumulation of bed load, 5 - accumulation of suspension load, 6 - tendency of the erosional processes development.

przypuszczać, że proces erozji wgłębnej, niezależnie od osiągnięcia przez jego czoło obniżonego dna koryta uregulowanego, będzie trwał nadal jeszcze po roku 2020, zarówno w kierunku pionowym koryta, jak i w dół rzeki (ryc. 9). W bezpośrednim sąsiedztwie zapory przyjmie jednak znacznie niebezpieczniejsze rozmiary niż poniżej stopnia Włocławek: nie

ograniczy się do pogłębienia dna koryta przeciętnie o 3-4 m (Babiński 1992), lecz przekroczy tę wartość. Jest to związane z występowaniem w dnie koryta utworów piaszczystych o miąższości przekraczającej 8 m (ryc. 8, profil A-B) (Kucharski 1966, Wiśniewski 1976). Poniżej zapory Włocławek przed piętrzeniem dno było zbudowane z utworów piaszczystych; obecnie pogłębione do 4 m koryto jest pokryte odpornymi na erozję (chronione) głazami, bądź jest wcięte w il lub glinę. Mając na względzie możliwość tworzenia się niebezpiecznych przegłębieni (wybojów) dna koryta poniżej stopnia Ciechocinek, należy je szczególnie zabezpieczyć przed ewentualnym podmyciem. W znacznym stopniu proces ten zostałby zredukowany na skutek wybudowania stopnia wyrównawczego pod Solcem Kujawskim.

## PODSUMOWANIE

Wybudowanie stopnia wodnego Ciechocinek i powstanie zbiornika Nieszawa przyczyni się do istotnych przekształceń środowiska naturalnego jego otoczenia. Dotychczasowe procesy rzeczne zostaną zastąpione procesami typowymi dla zbiorników wodnych (ryc. 6). Zjawiska te generalnie będą naśladowały ich przebieg w sąsiednim, wyżej położonym zbiorniku włocławskim, przy czym niektóre z nich nie wystąpią lub będą miały zmniejszoną dynamikę. Brak pewnych zjawisk w strefie oddziaływania zbiornika Nieszawa będzie wynikał z jego funkcjonowania już w systemie kaskadowym, obniżenie dynamiki procesów w stosunku do zbiornika włocławskiego związane zaś będzie z jego mniejszymi o około 25% rozmiarami.

W zbiorniku nieszawskim nie wystąpi proces akumulacji rumowiska wlezonego w górnej części, jak również nie będą tworzyły się tam zator, śryżowo-lodowe; ulegnie dalszej redukcji (do 50%) transport zawiesziny akumulowanej i kompaktowanej na dnie zbiornika.

W strefie brzegowej zbiornika rozwinię się platforma abrazyjna kształtowana falowaniem wiatrowym o mniejszej niż na zbiorniku włocławskim dynamice, przy współdziałaniu nowo tworzonej równiny zalewowej; ruchy masowe ograniczą się głównie do strefy zbocza doliny Wisły w okolicach Nieszawy; ustali się wąska strefa obszarów podtopionych i o ustabilizowanym zwierciadle wód gruntowych; utworzą się obszary depresyjne w okolicy Korabnik i na Nizinie Ciechocińskiej.

Poniżej stopnia wodnego Ciechocinek nie wystąpi proces erozji bocznej albo będzie mniej intensywny niż poniżej zapory Włocławek; rozwinię się proces erozji wgłębnej o nasileniu odpowiadającemu erozji poniżej stopnia Włocławek.

Wraz z powstaniem stopnia wodnego Ciechocinek nastąpi:

- proces samooczyszczania wód Wisły ze szkodliwych związków silnie toksycznych,
- ułatwienie odpływu do Wisły wód spływających z wysoczyzny na teren Niziny Ciechocińskiej,



- obniżenie zwierciadła wód gruntowych Niziny Cielechocińskiej i osuszenie znacznych powierzchni terenu,

- możliwość oddziaływania wód infiltrujących ze zbiornika na ujęcia wód w Siarzewie oraz drenażu wód zasolonych w kierunku Wisły

- zmiany mikroklimatu w obrębie zbiornika i Niziny Cielechocińskiej.

Równoległe z powstaniem stopnia wodnego Cielechocinek konieczne będzie:

- oczyszczenie wód przed ich wpłynięciem w rejon kaskady,

- zabezpieczenie Niziny Cielechocińskiej przez jej zalewem na skutek ewentualnego przerwania zapory czołowej i wałów przeciwpowodziowych,

- zabezpieczenie zapory czołowej przed podmyciem w wyniku erozji wgłębnej,

- wybudowanie odpowiedniego kanału odwadniającego lewobrzeżny obszar depresyjny i hamującego napór wód ze zbiornika w kierunku Niziny i ujęć wodnych w Siarzewie,

- zabezpieczenie skarpy nieszawskiej przed wystąpieniem intensywnych ruchów masowych.

Wybudowanie stopnia wodnego Cielechocinek przyniesie ponadto wymierne korzyści gospodarcze poprzez: pozyskanie tańszej energii elektrycznej, uzyskanie drogi wodnej o znaczeniu międzynarodowym zwłaszcza po roku 2020 oraz nowego przejścia drogowego przez rzekę, retencję wód oraz ułatwiony ich pobór, aktywizację obszarów przyległych i rozwój hodowli ryb.

## LITERATURA

Babiński Z. 1982, *Procesy korytowe Wisły poniżej zapory wodnej we Włocławku*, Dok. Geogr., 1/2.

- 1984, *The effects of human activity on changes in the Lower Vistula channel*, Geogr. Pol., 50, s. 271-282.

- 1986, *Zmiany warunków hydrologicznych i morfologicznych Wisły poniżej stopnia wodnego „Włocławek”*, Dok. Geogr., 5, s. 41-54.

- 1992, *Współczesne procesy korytowe dolnej Wisły*, Prace Geogr., 157.

Banach M. 1977, *Rozwój osuwisk na prawym zboczu dolny Wisły między Dobrzyńem a Włocławkiem*, Prace Geogr., 124.

- 1985, *Osady dennie - wskaźnik hydrodynamiki zbiornika włocławskiego*, Przegl. Geogr., 57, 4, s. 487-497.

- 1986, *Przekształcenia brzegów zbiornika włocławskiego*, Dok. Geogr., 5, s. 25-40.

- 1988, *Główne procesy i osady w strefie brzegowej zbiornika Włocławek*, Przegl. Geogr., 60, 3, s. 267-299.



- Born A. 1958, *Wleczenie materiału dennego w korytach rzek i potoków*, Wład. Śl. Hydrol. i Meteorol., PIHM, Warszawa, 3, s. 3-29.
- Falkowski E. 1967, *Ewolucja holocenijskiej Wisły na odcinku Zawichost -Solec i inżyniersko-geologiczna prognoza jej dalszego rozwoju*, Biul. IGeol. 198, 4, Warszawa, s. 57-131.
- Gierszewski P. 1988, *Mechanizm i rola splętrzeń lodu w deformacji i niszczeniu zabudowy hydrotechnicznej zbiornika wrocławskiego*, Informator Projektanta CBSiPBW „Hydroprojekt”, 1, s. 24-27.
- Gizliński A. 1992, *Ekologiczne skutki kaskadowej zabudowy dolnej Wisły*, Biuletyn Pomorza Nadwiślańskiego, Komisja ds. Współpracy Międzywojewódzkiej, Toruń, s. 10-16.
- Głazik R. 1978, *Wpływ zbiornika wodnego na Wiśle we Wrocławku na zmiany stosunków wodnych w dolinie*, Dok. Geogr., 2/3.
- Grześ M. 1991, *Zatory i powodzie zatorowe na dolnej Wiśle. Mechanizmy i warunki*, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Grześ M., Banach M. 1983, *Powódź zatorowa na Wiśle w styczniu 1982 r.*, Przegl. Geogr., 55, 1, s. 91-113.
- Ingarden R. 1921, *Rzeki i kanały żeglowne w b. trzech zaborach i znaczenie ich gospodarcze dla Polski*, Ministerstwo Robót Publicznych, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęśna T. 1965, *Bioklimat Ciechoćinka*, Probl. Uzdrow., 4(26).
- Kozłowska-Szczęśna T., Zych S. 1967, *Uwagi dotyczące właściwego zagospodarowania przestrzennego Ciechoćinka*, Probl. Uzdrow., 5(37), cz. II, s. 155-164.
- Kucharski M. 1966, *Geomorfologia i czwartorzęd doliny Wisły w okolicach Ciechoćinka*, Zesz. Nauk. UMK, Geogr., V, 14, s. 37-58.
- Machalewski W., Miłkowski M., Rozwadowski J. 1974, *Wpływ stopnia wodnego we Wrocławku na warunki żeglowne dolnej Wisły*, Gosp. Wodna, 3, s. 114-117.
- Paszyński J., Szczęśna T., Zych S. 1961, *Klimat Ciechoćinka oraz wpływ wybudowania stopnia „Ciechoćinek” na klimat miejscowy*, Prace PIHM, 61, s. 47-78.
- Paszyński J., Zych S., Bontecka-Żółcik B. 1960, *Klimat Wrocławka i Płocka*, Wład. Śl. Hydrol. Meteorol. VII, 5, s.199-211.
- Szupryczyński J. 1986, *Zbiornik Wrocławek - niektóre problemy z geografii fizycznej*, Dok. Geogr., 5.
- Śliwiński W. 1979, *Stopień wodny Wrocławek - procesy sedymentacyjne w zbiorniku*, Informator Projektanta CBSiPBW „Hydroprojekt”, 3, s. 1-4.
- Wiśniewski E. 1976, *Rozwój geomorfologiczny doliny Wisły pomiędzy Kotliną Płocką a Kotliną Toruńską*, Prace Geogr. IG PAN, 119.

**CIECHOCINEK DAM AND ITS NIESZAWA RESERVOIR -  
FORECAST OF GEOGRAPHICAL ENVIRONMENT CHANGES  
IN THE HINTERLAND OF WŁOCLAWEK RESERVOIR**

**Summary**

The construction of the Ciechocinek hydroelectric power station and filling up of the Nieszawa water reservoir will cause a considerable environmental transformations in the area concerned. Hitherto on going river processes will be replaced by the phenomena typical for water reservoirs. These occurrences will generally resemble those of neighbouring Włocławek reservoir located up the river course. However within Nieszawa reservoir some processes may not occur or they will be characterized by a decreased dynamics. Lack of some occurrences within the influence zone of Nieszawa reservoir will be the result of functioning within the system of cascades /fig. 1/. On the other hand the lowering of dynamics of the processes in relation to Włocławek reservoir will be connected with its smaller size /about 25%/ /fig. 2/.

In Nieszawa reservoir accumulation of bed-load will not take place and suspended load will be subject to further reduction - to 50% - of the load floating out of Włocławek reservoir. The ice jams will not occur in its upper part - the phenomena so dangerous over Włocławek reservoir. In the zone of Nieszawa reservoir lateral erosion of the river will be replaced by abrazional processes. They will lead, due to a new flood-plain /fig. 6, 2/, to quick formation of an abrazional platform. It will prevent the earth slides, though, owing to the favourable geological structure of the pradolina terraces, they are not frequent there. They may develop only in the slope zone of the Vistula Valley near Nieszawa rendering a threat to the existing buildings there.

The construction of Nieszawa reservoir will contribute to a major change of water relations in the neighbourhood. In the narrow belt next to the reservoir the low areas of river terraces will undergo flooding. Depression areas will come into being and Ciechocinek Lowland should be particularly protected against possible flooding in result of the injuring of dike or water-front embankment. The process of bed erosion below the dam will advantageously influence water relations of Ciechocinek Lowland, since it will cause the lowering of the ground water level and drying of the flood-plain behind the embankment. That way these areas can be used for construction. It will ease draining off freshet waters from the area of the moraine plateau to the Vistula river. Now overlapping, for example the flow of thaw waters from the moraine plateau over the freshet wave of the Vistula river contributes to excessive moistening of the area of Ciechocinek Lowland.

Bed erosion below the hydroelectric complex will contribute to successive improvement of the navigation conditions of the Vistula at this section of the river. According to the prognosis it will happen after 2020 /fig. 9/. The incision in the neighbourhood of the dam will bring about the process of bed erosion. In this respect the hydroelectric power station in Włocławek confront more convenient conditions preventing excessive lowering of the bottom bed. The construction of the hydroelectric power station in Ciechocinek together with the roadway will enable communication between both river banks. Water power station will supply cheap and ecologically clean energy. Nieszawa reservoir can be used for tourist and recreation activities.





PIOTR GIERSZEWSKI

## DENUDACJA CHEMICZNA W ZLEWNI RUDY W ROKU HYDROLOGICZNYM 1990

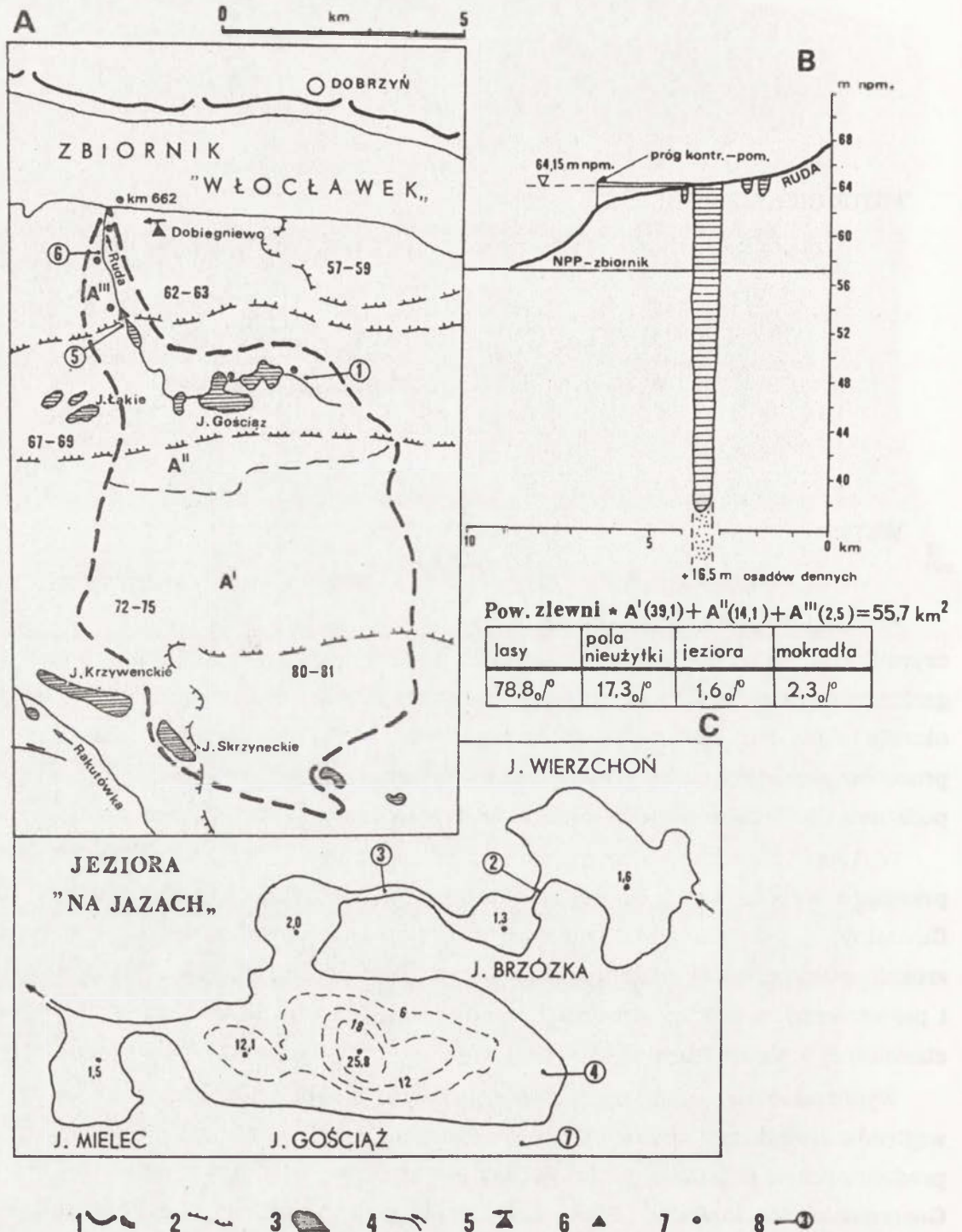
### WSTĘP

Przebieg współczesnych procesów morfogenetycznych jest uwarunkowany wieloma czynnikami, spośród których istotną rolę odgrywają warunki klimatyczne, budowa geologiczna, morfologia, pokrycie terenu i działalność człowieka. Skalę i tempo tych procesów określa bilans denudacyjny. Woda jest najważniejszym czynnikiem warunkującym dynamikę procesów denudacyjnych, pełniąc ważną funkcję w obiegu materii. Z tego względu jako podstawa do określenia wielkości denudacji został przyjęty podział na zlewnie.

W 1990 roku rozpoczęto badania w zlewni Rudy. Zmierzają one do przedstawienia przebiegu współczesnych procesów fluwialnych. Istotnym ich elementem jest transport fluwialny, a jego składową transport materiału rozpuszczonego. Podjęto próbę oceny zróżnicowania dostawy materiału rozpuszczonego do rzeki zarówno w ujęciu czasowym jak i przestrzennym, a w konsekwencji szacunkowego określenia tempa i wielkości denudacji chemicznej w zlewni Rudy.

Wybór obiektu badań nie jest przypadkowy, zlewnia Rudy stanowi bowiem z wielu względów specyficzny obszar badawczy. Położona jest w całości na zwydmionych terasach pradolinnych w centralnej części Kotliny Płockiej (ryc. 1). Zajmuje około 14% powierzchni Gostynińsko-Włocławskiego Parku Krajobrazowego i w znacznej części jest pokryta lasem. Fakty te sprawiają, że stopień antropopresji jest w tym terenie niewielki. Zlewnia Rudy odznacza się dużą jednorodnością zarówno pod względem litologii utworów powierzchniowych jak i użytkowania terenu. Niewielkie sumy roczne opadów atmosferycznych (Paszyński, Zych i Bonecka-Żółcik 1960), a także warunki geologiczne sprawiają, że jest to obszar deficytu wody. Według szacunków M. Puliny (1974) Kujawy i ich pogranicze cechują się jednymi z najniższych wskaźników denudacji chemicznej w Polsce. Te cechy zlewni Rudy pozwalają uznać ją za reprezentatywną jednostkę hydrologiczną charakterystyczną dla obszarów den dolin dużych rzek na Niżu Polskim.





Ryc. 1. A - szkic lokalizacyjny zlewni Rudy; B - profil podłużny strugi Ruda; C - kompleks przepływowych jezior „Na Jazach”;

1 - krawędź wysoczyzny, 2 - krawędzie teras, 3 - jeziora, 4 - ciekł, 5 - stacja terenowa IGIPZ PAN w Dobiegiewie, 6 - próg kontrolno-pomiarowy, posterunek limnigraficzny, 7 - punkty wodowskazowe, 8 - miejsca poboru próbek wody.

A - localization sketch of Ruda basin; B - longitudinal profile of Ruda stream; C - complex of lakes „Na Jazach”;  
1 - the edge of morainic plateau, 2 - the edges of river terraces, 3 - lakes, 4 - streams, 5 - IGIPZ PAN field-station in Dobiegiewo, 6 - control-measuring dam, limnigraph, 7 - water-gauge points, 8 - the places of water-sample collection.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Duże trudności sprawia precyzyjne określenie granic zlewni. Powierzchnia ograniczona topograficznym działem wodnym wynosząca 16,6 km<sup>2</sup> jest wartością znacznie zaniżoną, zlewnia Rudy jest bowiem zasilana wodami podziemnymi ze znacznie większego obszaru. Z układu zwierciadła wody podziemnej wynika, że w skład zlewni wchodzi również silnie zwymłone centralne i południowe partie pradoliny Wisły. Hydrologiczny dział wodny obejmuje więc prawie czterokrotnie większą powierzchnię - 55,7 km<sup>2</sup> (Glażik 1978) (ryc. 1).

Głównymi elementami rzeźby terenu w zlewni Rudy są zwymłone poziomy terasowe i rynny glacialne (Urbaniak 1967, Skompski 1971, Wiśniewski 1976). W granicach opracowania występują cztery poziomy terasowe zbudowane od powierzchni z warstwowanych płasków drobno- i średnioziarnistych (numeracja poziomów terasowych wg E. Wiśniewskiego, 1976, poziom 80-81 m npm. - lipiański wg S. Skompskiego 1971). Jedynie w najniższym położonym poziomie, na głębokości 1-1,5 m, występują nagromadzenia utworów żwirowo-kamienistych, pochodzących prawdopodobnie z rozmycia gliny morenowej (Wiśniewski 1976). Rozległe pole wydymowe zajmujące znaczną część poziomu IX i VIII stanowi główny element rzeźby. Dominujący typ form eolicznych to wydmy podłużne oraz częściowo przekształcone wydmy paraboliczne. Duże powierzchnie zajmują również równiny płasków przewianych. Zróżnicowane wysokości względne poszczególnych form oraz ich zmienna orientacja wskazują na złożoność procesu wydymotwórczego, który zachodził przy udziale wiatrów z różnych sektorów (Urbaniak 1967). Wierzchołki niektórych wydym osiagają rzędne przekraczające 100 m npm., a ich wysokości względne dochodzą do 20-25 m.

Rynny glacialne i związane z nimi jeziora występują w dwóch ciągach przecinających dno pradoliny z południowego wschodu na północny zachód. Ciąg południowy znajduje się w obrębie poziomu IX, północny natomiast w poziomie terasy VIII.

Wody powierzchniowe stanowią kolejny ważny element środowiska geograficznego zlewni. Jeziora i mokradła zajmują około 4% jej powierzchni. Szczególne znaczenie mają jeziora zajmujące dno rynny w północnej części zlewni (rynną jeziora Gościąż). Rynna ta pełni rolę pierwszej linii drenażu wód podziemnych spływających z południowej części zlewni (Glażik 1978). O znacznym zasilaniu gruntowym jezior, a także Rudy, świadczy występowanie na południowym zboczu rynny licznych wypływów wody podziemnej. Mają one charakter liniowy lub tworzą pojedyncze źródła o dobrze wykształconych niszach źródłiskowych.

Jedynym ciekim stałym odwadniającym rynnę jeziora Gościąż jest struga Ruda, o długości 9 km i średnim spadku 1,19% (ryc. 1B). Ruda wypływa z mokradeł położonych na wschód od jeziora Wierzchoń, przepływając dalej przez system czterech jezior zajmujących dno rynny glacialnej (ryc. 1C). W środkowym biegu Ruda jest podpiętrzona starą groblą młyńską, na bazie której został wybudowany próg kontrolno-pomiarowy. Spiętrzenie strugi wynosi około 3 m, a jego efektem jest niewielki zbiornik. W związku z tym, że cofka obejmuje cały odcinek rzeki od progu do jeziora Mielec, trudno jest określić jego wielkość. Należy przyjąć, że część



Jeziorna zbiornika ma długość około 500 m, a maksymalna szerokość około 60 m. Głębokość zbiornika jest niewielka i przekracza nieznacznie wartość 1 m a miąższość osadów, które go wypełniają, dochodzi maksymalnie do 2 m (Gierszewski, Glazik i Grześ 1990). Poniżej progu kontrolno-pomiarowego Ruda płynie w niezbyt szerokiej dolinie, nieznacznie meandrując. Spadek rzeki na tym 2,5-kilometrowym odcinku wynosi 4,1 m, co stanowi 1,75%. Uwzględniając rozwinięcie koryta rzecznego, jak również przebieg procesów fluwialnych można, wydzielić w tej części strugi odcinki zarówno erozyjne jak i akumulacyjne. Ujściowy fragment Rudy znajduje się pod bezpośrednim wpływem cofki zbiornika wrocławskiego.

## METODYKA BADAŃ

Do obliczenia wielkości denudacji chemicznej niezbędne są dwa podstawowe parametry: mineralizacja wód oraz odpływ ze zlewni. W celu ich określenia dwukrotnie w miesiącu wykonywano pomiary natężenia przepływu, a raz na miesiąc pobierano próbki wody do analiz laboratoryjnych. Analizy te obejmowały oznaczenie jonów:  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{-2}$ ,  $Cl^-$ , przewodność elektryczną, twardość całkowitą i węglanową oraz suchą pozostałość. Pomiary uzupełniono wartościami codziennych stanów wody (z zapisu limnigraficznego), z progu kontrolno-pomiarowego usytuowanego w środkowym biegu rzeki. Stany wody zostały przeliczone na codzienne wartości przepływu z tabeli wydatków cechowanego przelewu (typu Ponceleta). Wszystkie obserwacje były prowadzone w siedmiu punktach zlewni: pięć z nich charakteryzowało warunki hydrologiczne i hydrochemiczne w strudze Ruda z uwzględnieniem jej części jeziornej, dwa pozostałe opisywały cechy wód gruntowych (źródło) i wody jeziornej (jezioro Gościąż) (ryc. 1). Dane meteorologiczne pochodzą z posterunku usytuowanego w bezpośrednim sąsiedztwie zlewni, w stacji terenowej Zakładu Geomorfologii i Hydrologii Niżu IGIPZ PAN w Doblegniewie.

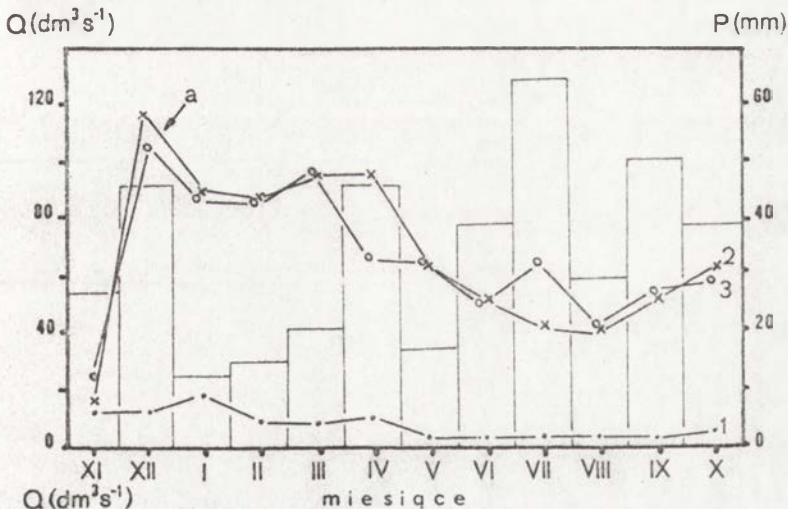
Wielkość denudacji chemicznej w zlewni Rudy obliczono metodą hydrometryczną (Pulina 1974, Kostrzewski i Zwoliński 1985) w przekroju progu kontrolno-pomiarowego. Miejsce to najlepiej charakteryzuje reżim hydrologiczno-hydrochemiczny zlewni.

## CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW HYDROMETEOROLOGICZNYCH

Ilość wody odpływającej przez profil zamykający zlewnię decyduje o wielkości wyniesionego materiału rozpuszczonego, a zmienność tego odpływu w czasie jest uzależniona w głównej mierze od warunków pogodowych.

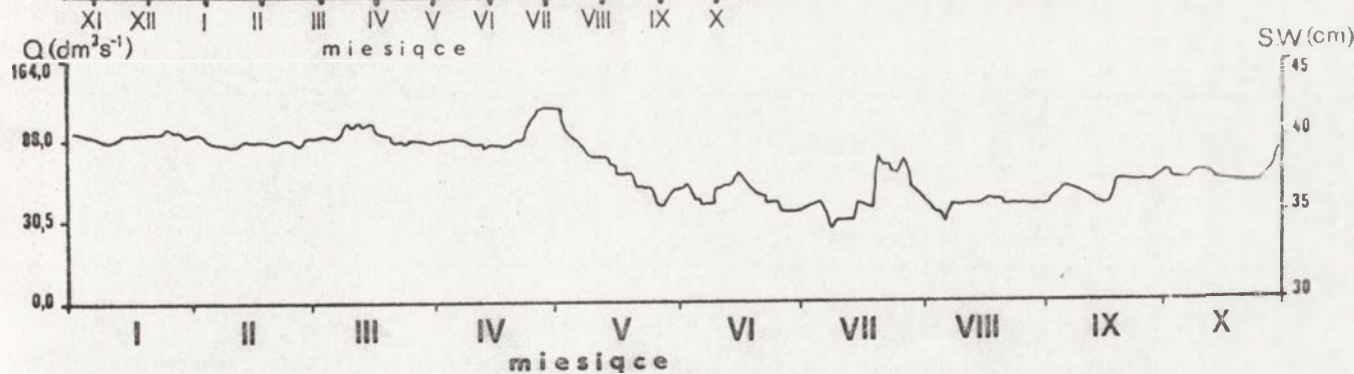
Pomiary natężenia przepływu wykonywano okresowo w trzech charakterystycznych profilach strugi Ruda. Ich wartości przedstawiono w tabeli (ryc. 2). W profilu progę kontrolno-pomiarowego na podstawie tabeli wydatków przelewu typu Ponceleta zarejestrowane zostały codzienne wartości przepływu. Zaniżone wartości z listopada są związane z napełnieniem zbiornika po wybudowaniu progę. Przy uśrednieniu danych z tego miesiąca (wartości przepływu przed i po zakończeniu prac związanych z budową przegrody) można przyjąć, że przepływy w profilu progę, w analizowanym roku hydrologicznym, zawierały się w granicach  $30,5-116 \text{ l s}^{-1}$ , przy średnim przepływie  $67,3 \text{ l s}^{-1}$ . W przebiegu rocznym we wszystkich badanych profilach większe wartości natężenia przepływu zanotowano w półroczu zimowym (ryc. 2A). Na uwagę zasługuje niewielka roczna zmienność przepływu ( $Q_{\max} - Q_{\min} = \text{około } 3,8$ ) oraz jej wyrównany przebieg, szczególnie charakterystyczny

stanowisko	Średnie wartości natężenia przepływu ( $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )		
	XI-IV	V-X	Rok
R. - źródła	11,5	2,5	6,5
R. - próg	82,9	51,6	67,3
R. - ujście	88,2	55,2	70,2



Charakterystyczne parametry hydrologiczne zlewni Rudy (profil Ruda - próg):

- Odpływ  $2,1 \text{ mln m}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$
- Spływ jednostkowy  $1,26 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$
- Wskaźnik odpływu 40 mm
- Współczynnik odpływu 0,1
- Współczynnik nieregularności 3,9
- Amplituda względna 1,3



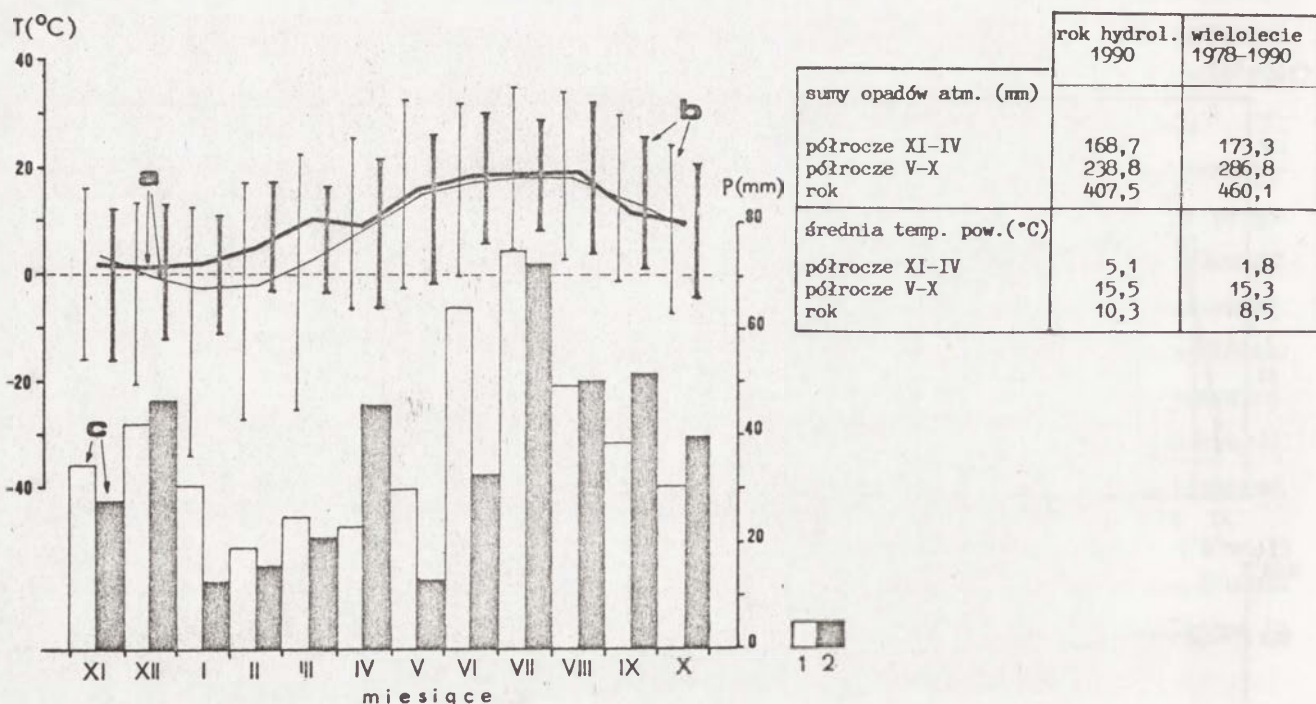
Ryc. 2. A - Miesięczne wartości przepływu ( $Q$ ) i sumy opadów atmosferycznych ( $P$ )  
 1 - Ruda-źródła, 2 - Ruda-próg, 3 - Ruda-ujście; a - faza napełnienia stawu (14 XI-10 XII);  
 B - Codzienne wartości stanów wody (S.W.) przeliczane na wartości przepływu ( $Q$ ).

A - Monthly discharges ( $Q$ ) and precipitation ( $P$ )  
 1 - Ruda-springs, 2 - Ruda-dam, 3 - Ruda-mouth; a - phase of filling up the pond (14 Nov.-10 Dec.),  
 B - Daily water level (S.W.) recount to water discharge ( $Q$ ).



dla profilu Ruda-próg (ryc. 2B). Wpływ na taki stan reżimu hydrologicznego Rudy ma retencyjna rola jezior oraz znaczący udział zasilania gruntowego, wynikający z dużej przepuszczalności gruntów (piaski wydymowe) i praktycznego braku spływu powierzchniowego. Znaczna przepuszczalność gruntów budujących formy wydymowe, a także duża lesistość zlewni wpływa na wydłużenie obiegu wody (Kowalska 1968, Glazik 1978). Konsekwencją tego jest również brak znaczących wezbrań w badanym potoku.

Warunki pogodowe, które panowały w roku hydrologicznym 1990 w porównaniu z danymi wieloletnimi (13 lat) wskazują, że w analizowanym okresie wartości elementów pogody były takie jakie są charakterystyczne dla lat suchych (ryc. 3).



Ryc. 3. Warunki pogodowe w zlewni Rudy na tle danych wieloletnich

a - średnia miesięczna temperatura powietrza ( $T$ ), b - miesięczna temperatura maksymalna i minimalna,

c - przeciętne sumy opadów atmosferycznych ( $P$ );

1 - lata hydrologiczne 1978-1990, 2 - rok hydrologiczny 1990.

The characteristics of weather conditions in Ruda basin on the background of many years data

a - mean monthly air temperature, b - maximum and minimum monthly air temperature ( $T$ ), c - average precipitation ( $P$ ),

1 - hydrologic years 1978-1990, 2 - hydrologic year 1990.

Temperatura dobowa powietrza wahała się od  $-16^{\circ}\text{C}$  do  $32,6^{\circ}\text{C}$ , a średnia roczna wynosiła  $10,3^{\circ}\text{C}$  i była najwyższa w ciągu ostatnich 13 lat. Suma roczna opadów atmosferycznych wynosiła 407,5 mm i należała do grupy najniższych w wieloleciu. Więcej opadów zanotowano w półroczu letnim - 238,8 mm (58,6%). Najwięcej opadów było w lipcu: 72,3 mm (17,7%), a najmniej w styczniu: 12,6 mm (3,1%).

## WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNE WÓD ZLEWNI RUDY

Systematyczna ocena stanu hydrologicznego wód krążących w obrębie zlewni prowadzi do określenia skali procesu ługowania gruntu, a także jego przebiegu w ciągu roku. Uwzględnienie różnych typów wód (gruntowe, jeziorne, rzeczne) przyczynia się do określenia zróżnicowania przestrzennego denudacji chemicznej.

W celu scharakteryzowania składu chemicznego wód zlewni Rudy wytypowano siedem stanowisk pomiarowych położonych wzdłuż biegu strugi (ryc. 1). Pierwsze z nich charakteryzuje odcinek źródłiskowy, kolejne (2 i 3) opisują wody Rudy w przejściach między jeziorami. Stanowisko 4 to wody jeziora Gościąż w jego wschodniej części. Na południowo-wschodnim brzegu jeziora wyznaczono punkt, w którym analizowano wody gruntowe wypływające ze źródła (7). Punkt 5 (próg kontrolno-pomiarowy), charakteryzuje wody Rudy po przepłynięciu przez kompleks jezior i zatorfioną część rynny. Ostatnie stanowisko (6) - to wody rzeczne w dolnym odcinku strugi (750 m od ujścia do zbiornika wrocławskiego).

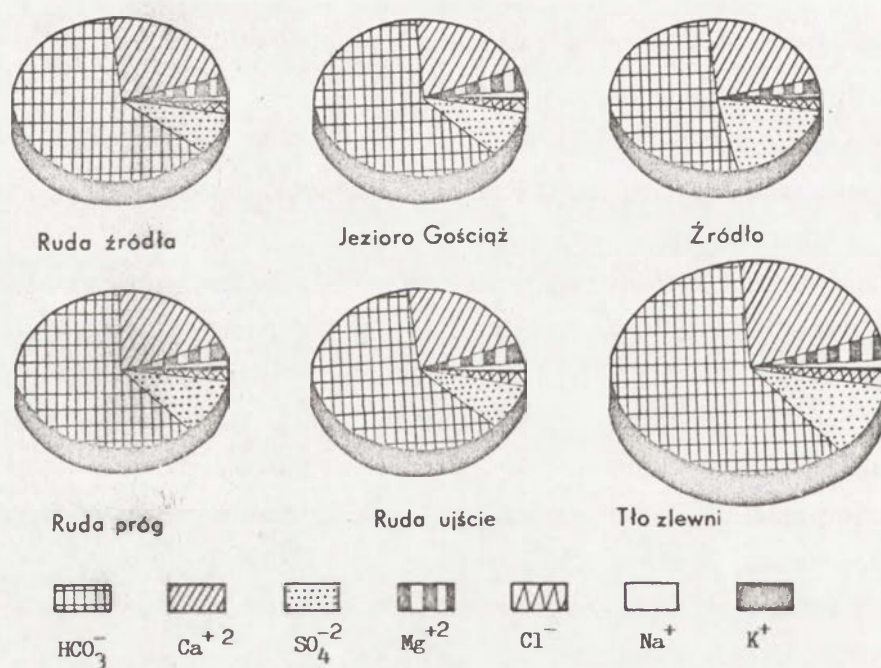
Stopień mineralizacji wód zlewni Rudy jest stosunkowo słaby (średnia wartość mineralizacji wynosiła  $208\text{ mg dm}^{-3}$ ), a skład chemiczny jest typowy dla słodkich wód śródlądowych. Są to wody typu wodorowęglanowo-wapniowo-siarczanowego. Średni roczny skład jonowy przedstawiają szeregi:

kationy:	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{Na}^{+}$	$\text{K}^{+}$	
	51,7	10,4	3,2	0,4	$\text{mg dm}^{-3}$
aniony:	$\text{HCO}_3^{-}$	$\text{SO}_4^{-2}$	$\text{Cl}^{-}$		
	148,8	28,3	5,9		$\text{mg dm}^{-3}$

Zmienność składu chemicznego badanych wód jest niewielka, a przedstawiony szereg składu jonowego oddaje cechy chemiczne wód w całej zlewni (ryc. 4). Wpływ na taki stan hydrochemiczny zlewni ma jej duża jednorodność litologiczna oraz małe zróżnicowanie użytkowania terenu (lasy). Wnikliwa analiza składu jonowego pozwala jednak na wyróżnienie pewnych cech charakterystycznych dla poszczególnych części zlewni. Na pierwszy plan wybijają się mniejszy udział jonów  $\text{Ca}^{+2}$  i  $\text{HCO}_3^{-}$  w części jeziornej zlewni, spowodowany zapewne wytrącaniem się węglanów w osad. Szczegółową charakterystykę osadów dennych jezior, tj. gytii węglanowo-siarczkowej przedstawili B. Wicik i K. Włockowski (1988, 1991). Pewne różnice



składu chemicznego wody występują także w odcinku źródłiskowym Rudy. Wody te odznaczają się największym stopniem zmineralizowania ( $250 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Duży udział węglanów w ich składzie wynika z faktu, że wody bezpośrednio zasilające strugę migrują w silnie węglanowych osadach jeziorno-bagiennych (por. Kostrzewski i Zwoliński 1988). W wodach gruntowych zasilających zlewnię od strony południowej wzrasta o ponad 60% udział siarczanów (źródło w płd.-wsch. części jeziora Gościąż). O podwyższonych wartościach siarczanów w tych wodach piszą również B. Włóciak i K. Włóciakowski (1991). Te niewielkie różnice składu jonowego wód zlewni mają również odbicie w ogólnej ich mineralizacji.



Ryc. 4. Skład chemiczny wód zlewni Rudy (wartości średnie roczne w %)  
Chemical composition of Ruda stream water (mean annual data in %)

Ogólna mineralizacja wody, którą opisuje wartość koncentracji, wykazuje niewielkie różnicowanie w poszczególnych punktach zlewni Rudy (ryc. 5B). Największy stopień zmineralizowania wykazują wody w odcinku źródłiskowym Rudy ( $250,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ). W części jeziornej zlewni średni roczny stopień mineralizacji spada do wartości poniżej  $200 \text{ mg dm}^{-3}$ , po czym nieznacznie wzrasta i w dolnym odcinku strugi wynosi około  $211 \text{ mg dm}^{-3}$ . Stopień zmineralizowania wód powierzchniowych nie odbiega zasadniczo od stopnia zmineralizowania wody gruntowej (źródło -  $211 \text{ mg dm}^{-3}$ ) zasilającej zlewnię, a niższe wartości koncentracji są związane półroczem zimowym.

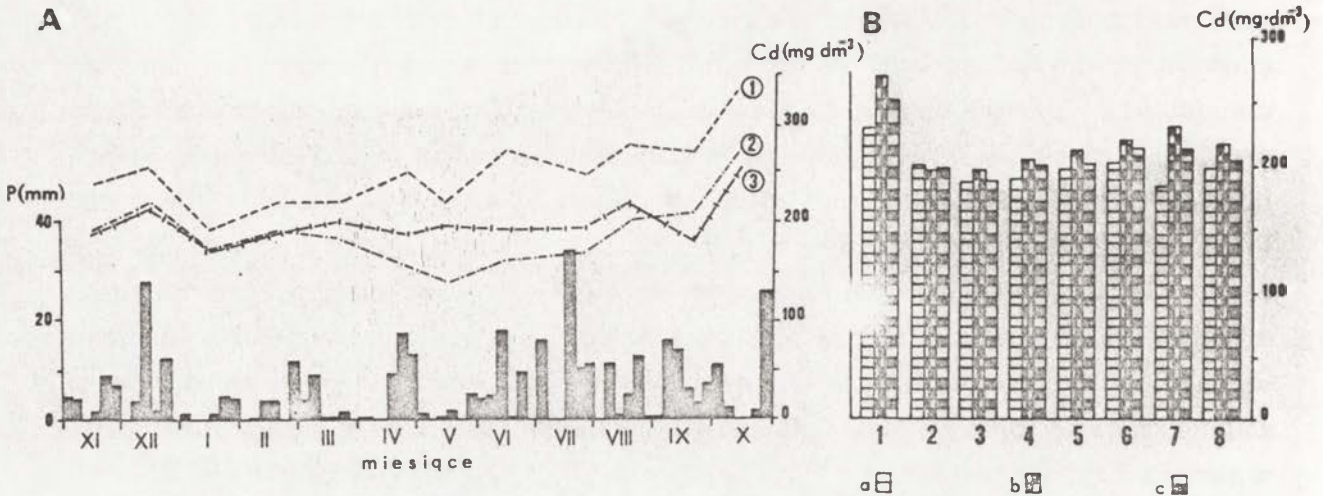
Zmienność koncentracji materiału rozpuszczonego w cyklu rocznym wiąże się głównie z wielkością i rozkładem opadów atmosferycznych. Wyższe wartości mineralizacji są związane z okresami długotrwałych opadów, w czasie których zlewnia jest zasilana silniej zmineralizowanymi wodami gruntowymi. Nieznacznie zmodyfikowany jest przebieg mineralizacji wód w jeziornej części zlewni (ryc. 5). W wodach jezior Wierzchoń i Brzózka można wyróżnić dwa okresy: zimowy, w którym mineralizacja ogólna spada i letni, w którym następuje jej wzrost. Dla jeziora Gościąż charakterystyczny jest stan pewnej równowagi w okresie letnim. Nie wykluczone, że taki rozkład koncentracji materiału rozpuszczonego w jeziorach wynika z sezonowego mieszania się ich wód, a także relacji między zasilaniem a parowaniem z powierzchni jeziora. Stwierdzenie występowania tego typu uwarunkowań wymaga jednak przeprowadzenia bardziej szczegółowych badań. Powyższe uwagi mają za zadanie wskazać na odmienną i złożoną naturę procesów transportu materiału rozpuszczonego w zlewniach typu jeziornego.

#### TRANSPORT MATERIAŁU ROZPUSZCZONEGO

Transformacja opadu w odpływ warunkuje natężenie i kierunek procesów denudacji chemicznej (Froehlich 1982). Efektem zmian parametrów chemicznych wody krążącej w zlewni jest zmiana stopnia zmineralizowania wód rzecznych. Skalę procesów ługowania określa wielkość ładunku soli odprowadzonych przez profil hydrometryczny. Z tego względu konieczne jest prześledzenie związków zachodzących pomiędzy koncentracją a ładunkiem materiału rozpuszczonego a przepływem wody.

Zmiany koncentracji materiału rozpuszczonego są, ogólnie biorąc, odwrotnie proporcjonalne do zmian natężenia przepływu (ryc. 6). Potwierdza to analiza regresyjna związku  $Cd=f(Q)$  (ryc. 6). Należy zaznaczyć, że w odcinku źródłiskowym Rudy związek ten jest silniejszy ( $r = -0,63$ ) niż w części jeziornej zlewni gdzie zależność ta jest bardzo słaba (współczynnik korelacji wynosi  $-0,39$ ). Relacja  $Cd$  i  $Q$ , zaobserwowana w zlewni Rudy, jest zgodna z wynikami otrzymanymi dla innych rzek (por. Froehlich 1975, Kostrzewski i Zwoliński 1990). Związek między przepływem a koncentracją dla większych rzek opisuje równanie regresji krzywoliniowej, a w rzekach małych równanie liniowe (Kotarba 1972). W zlewni Rudy nie znajdują jednak potwierdzenia przyjmowane wysokie współczynniki korelacji dla tej zależności (Walling i Weeb 1983). Jest to związane z małym zróżnicowaniem mineralizacji wód w ciągu roku przy relatywnie większej zmienności przepływu wody. Na wyrównanie przebiegu koncentracji materiału rozpuszczonego wpływają jeziora pełniące rolę zbiorników sedymentacyjnych oraz duża pojemność retencyjna zlewni.

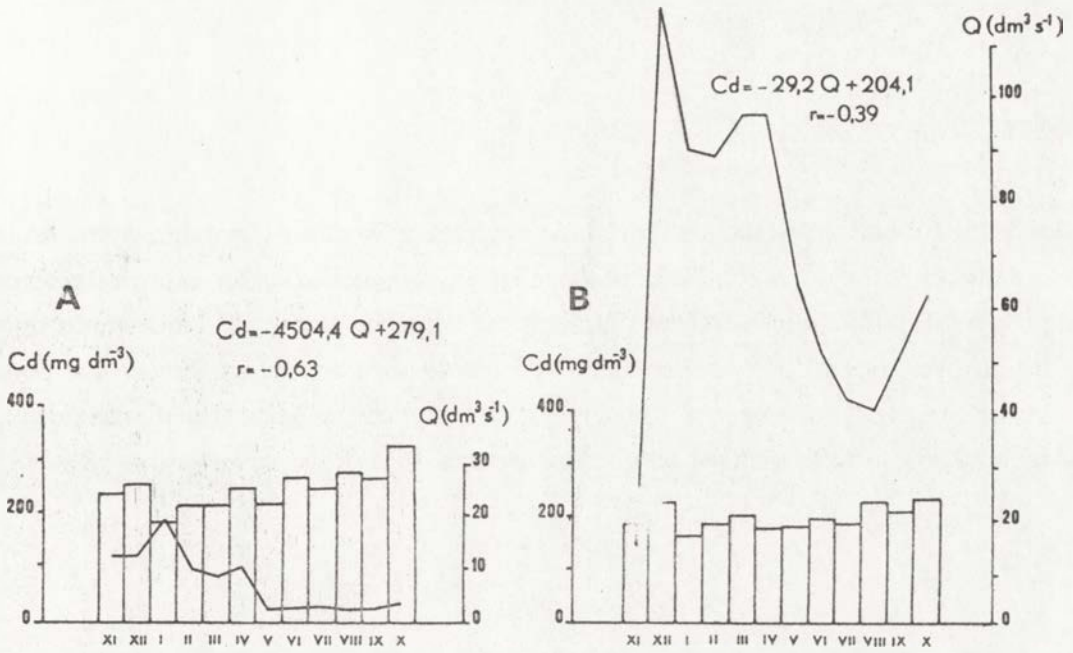




Ryc. 5. A - Zmienność koncentracji materiału rozpuszczonego (Cd) na tle pentadowych sum opadów atmosferycznych (P)  
 1 - Ruda-źródła, 2 - jezioro Brzózka, 3 - jezioro Gościąż.  
 B - średnie wartości koncentracji materiału rozpuszczonego (Cd)  
 a - półrocze zimowe (XI-IV); b - półrocze letnie (V-X); c - rok.  
 1 - Ruda-źródła, 2 - jezioro Wierzchoń, 3 - jezioro Brzózka, 4 - jezioro Gościąż, 5 - Ruda-próg, 6 - Ruda-ujście,  
 7 - źródło, 8 - tło zlewni.

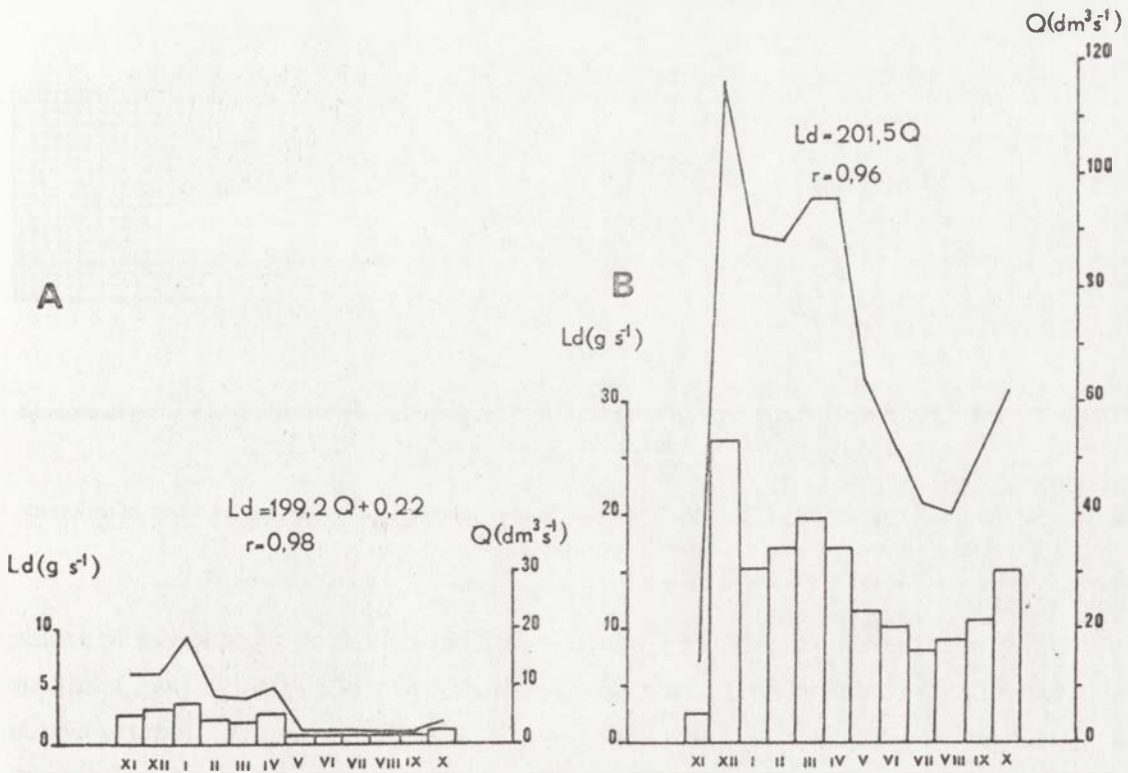
A - The variation of dissolved material concentration (Cd) on the background of pentadical sums of precipitation (P)  
 1 - Ruda-springs, 2 - Brzózka lake, Gościąż lake.  
 B - mean concentration of dissolved material (Cd)  
 a - winter semi-annual (XI-IV); b - summer semi-annual (V-X); c - year.  
 1 - Ruda-spring, 2 - Wierzchoń lake, 3 - Brzózka lake, 4 - Gościąż lake, 5 - Ruda-dam, 6 - Ruda-mouth,  
 7 - spring, 8 - background of basin (area).

Ładunek materiału rozpuszczonego, jak wyżej zaznaczono, informuje o ilości soli odprowadzonych przez dany profil hydrometryczny w jednostce czasu. Ze związku pomiędzy ładunkiem a przepływem wody wynika, że ilość odtransportowanego materiału wzrasta wprost proporcjonalnie do przepływu. Jest to zależność o wysokim współczynniku korelacji (ryc. 7). Jej charakter wykazuje, że reżim transportu materiału rozpuszczonego jest zgodny z reżimem hydrologicznym cieką (Froehlich 1975), a wielkość przepływu jest głównym czynnikiem decydującym o ilości materiału wyniesionego ze zlewni. Ma to odbicie w porównaniu wartości ładunków z wartościami przepływu w profilu Ruda-źródła cechującego się najwyższą koncentracją materiału rozpuszczonego i profilu Ruda-próg o niższej wartości koncentracji (ryc. 8).



Ryc. 6. Zależności między koncentracją ( $Cd$ ) a przepływem ( $Q$ ) w punktach:  
A - Ruda-źródła, B - Ruda-próg.

Relationships between concentration of dissolved material ( $Cd$ ) and discharge ( $Q$ ) for measuring point:  
A - Ruda-spring, B - Ruda-dam.



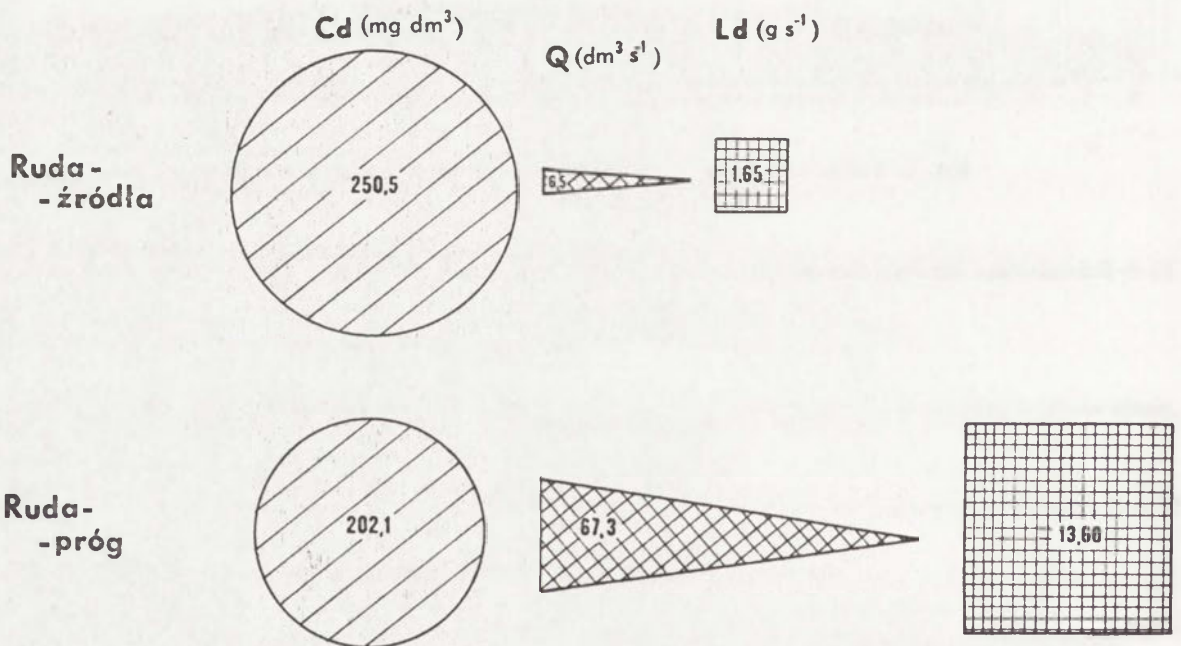
Ryc. 7. Zależność między ładunkiem ( $Ld$ ) a przepływem ( $Q$ ) w punktach:  
A - Ruda-źródła, B - Ruda-próg.

Relationships between dissolved load ( $Ld$ ) and discharge ( $Q$ ) for measuring point:  
A - Ruda-spring, B - Ruda-dam.



## DENUDACJA CHEMICZNA

Dokładne określenie wielkości denudacji chemicznej w zlewni wymaga wydzielenia w jej obrębie szeregu subsystemów denudacyjnych (zlewni cząstkowych), które odzwierciedlają zróżnicowane warunki morfologiczne, litologiczne i hydrologiczne. W odniesieniu do zlewni Rudy trudno uwzględnić to założenie. Wydzielenie granic subsystemów na podstawie powierzchniowego działu wodnego zaniża wielkość faktycznego obszaru zasilania zlewni, który jest związany ze znacznie większą zlewnią podziemną.

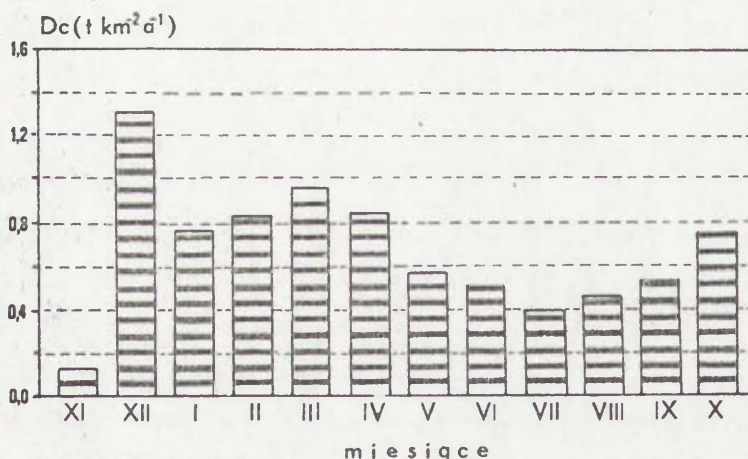


Ryc. 8. Wpływ wielkości przepływu ( $Q$ ) na wielkość ładunku ( $L_d$ ) transportowanych soli dla wód o różnym stopniu zmineralizowania ( $C_d$ )

The influence of discharge variability ( $Q$ ) on the dissolved load of transported salts ( $L_d$ ) for water of different mineralization degree ( $C_d$ )

O znaczeniu reprezentatywności otrzymanych wartości denudacji chemicznej w profilu hydrometrycznym i ich ekstrapolacji na całą zlewnię pisał W. Froehlich (1982). Uwzględniając te uwagi i trudności związane z wydzieleniem zlewni cząstkowych, do scharakteryzowania tempa i wielkości denudacji chemicznej wybrano profil hydrometryczny Ruda-próg, zamykający jeziorną część zlewni o powierzchni 53,2 km<sup>2</sup>. Ta część zlewni ma wyrównane wartości przepływu i niewielką zmienność koncentracji materiału rozpuszczonego. Jest to wynikiem transformacji odpływu wody w jeziorach - retencji jeziornej.

Tempo denudacji chemicznej w roku hydrologicznym 1990 wynosiło  $8 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$  i było wyższe w półroczu zimowym (ryc. 9, tab. 1). W cyklu rocznym natężenie procesu denudacji chemicznej wykazuje ścisły związek z wartościami przepływu wody i zmiennością pogody. Niska wartość denudacji chemicznej w listopadzie jest związana z napełnieniem zbiornika wodą po wybudowaniu progu kontrolno-pomiarowego i nie oddaje jej naturalnej wielkości. Okres zimy i wczesnej wiosny odznacza się wzmożoną aktywnością procesów denudacji chemicznej. W następnych miesiącach procesy denudacyjne mają mniejsze nasilenie, aby w pełni lata osiągnąć najniższą wartość. Spadek aktywności denudacji w okresie maj-wrzesień był uwarunkowany niskimi wartościami przepływu wody. Są one wynikiem wysokiej temperatury powietrza, która powoduje intensywniejsze parowanie terenowe i transpirację. W półroczu letnim w latach suchych parowanie terenowe może przewyższać sumę opadu o kilkadziesiąt procent (Jaworski 1988).



Ryc. 9. Miesięczna denudacja chemiczna ( $D_c$ ) w zlewni Rudy (profil Ruda-próg)

A monthly chemical denudation ( $D_c$ ) in Ruda basin (profile Ruda-dam)

Uzyskany wynik denudacji chemicznej nie oddaje w pełni wielkości denudacji naturalnej. Powinien on zostać pomniejszony o komponenty pozadenudacyjne (opady atmosferyczne, nawożenie, ścieki, itd.). Wpływ nawożenia mineralnego i gospodarki ściekowej na skład chemiczny wód w zlewni Rudy jest znikomy i można go pominąć w bilansie denudacyjnym. Koncentracja materiału rozpuszczonego w wodach pochodzących z opadów atmosferycznych jest niewielka i - jak wykazały okresowo prowadzone pomiary - wynosi około  $15 \text{ mg dm}^{-3}$ . A. Kostrzewski i Z. Zwoliński (1985) przyjmują, że dla górnej Parsęty składnik opadowy zawyża wartość denudacji naturalnej o około 5%, a H. Maruszczak (1990) dla dorzecza Wisły określa go na 16%.



Tabela 1. Tempo denudacji chemicznej w zlewni Rudy (Ruda-próg). Rok hydrologiczny 1990  
The rate of chemical denudation in Ruda basin (Ruda-dam). Hydrological year 1990

Miesiące	Denudacja chemiczna		
	mm 1000 a <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> km <sup>-2</sup> miesiąc <sup>-1</sup>	t km <sup>-2</sup> miesiąc <sup>-1</sup>
XI	0,64	0,05	0,13
XII	6,25	0,52	1,30
I	3,63	0,30	0,76
II	4,00	0,33	0,83
III	4,63	0,38	0,96
IV	4,05	0,34	0,84
V	2,76	0,23	0,57
VI	2,42	0,20	0,50
VII	1,90	0,16	0,39
VIII	2,16	0,18	0,45
IX	2,56	0,21	0,53
X	3,55	0,30	0,74
półrocze zimowe	3,86	1,92	4,82
półrocze letnie	2,56	1,28	3,18
rok	3,21	3,20	8,00

Uzyskany wynik denudacji chemicznej nie oddaje w pełni wielkości denudacji naturalnej. Powinien on zostać pomniejszony o komponenty pozadenudacyjne (opady atmosferyczne, nawożenie, ścieki, itd.). Wpływ nawożenia mineralnego i gospodarki ściekowej na skład chemiczny wód w zlewni Rudy jest znikomy i można go pominąć w bilansie denudacyjnym. Koncentracja materiału rozpuszczonego w wodach pochodzących z opadów atmosferycznych jest niewielka i - jak wykazały okresowo prowadzone pomiary - wynosi około 15 mg dm<sup>-3</sup>. A. Kostrzewski i Z. Zwoliński (1985) przyjmują, że dla górnej Parsęty składnik opadowy zawyża wartość denudacji naturalnej o około 5%, a H. Maruszczak (1990) dla dorzecza Wisły określa go na 16%.

#### UWAGI KOŃCOWE

Tempo denudacji chemicznej w zlewni Rudy w roku hydrologicznym 1990 (8 t km<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup>) wskazuje na niewielką intensywność procesów ługowania i transportu materiału rozpuszczonego w korycie strugi. Jest to odbiciem cech środowiska geograficznego zlewni, które odznacza się dużą jednorodnością budowy geologicznej, morfologii i użytkowania terenu. Na taki wynik denudacji chemicznej wpływa również rozkład opadów atmosferycznych i ich niewielkie sumy roczne.

Bardzo dobra przepuszczalność gruntów i duża lesistość zlewni sprawia, że spływ wody po powierzchni terenu praktycznie nie występuje. Wobec tego najważniejszym źródłem zasilania wód powierzchniowych jest dopływ podziemny. Ma to istotne znaczenie dla oceny zmienności czasowo-przestrzennej i stopnia zmineralizowania wody na obszarze zlewni.

Ważną funkcję w systemie hydrologicznym zlewni pełnią jeziora - magazynują wodę i poprzez to wyrównują przepływ w ciągu roku. Stanowią również swego rodzaju „pułapkę sedymentacyjną” dla wynoszonego poza obszar zlewni materiału. W wyniku tego woda odpływająca z części jeziornej zlewni odznacza się małą zmiennością koncentracji materiału rozpuszczonego.

Przestrzenna zmienność składu jonowego i ogólna mineralizacja wody jest niewielka i nie odbiega od stopnia zmineralizowania wód gruntowych zasilających zlewnię. Pewien jednak wpływ na skład chemiczny wód i stopień ich zmineralizowania w cyklu rocznym wywierają jeziora (wytrącanie węglanów w osad, sezonowe mieszanie się wód jeziornych, parowanie z powierzchni jezior).

Głównym czynnikiem, który wpływa na ilość wyniesionego ze zlewni materiału rozpuszczonego jest przepływ; stwierdzono silną korelację między przepływem a ilością rozpuszczonej materii.

Ze względu na specyficzne warunki geomorfologiczno-hydrologiczne zlewni Rudy przedstawione wyniki badań mają charakter wstępny, pozwoliły jednak określić skalę procesu i ogólne tendencje jego zróżnicowania czasowego i przestrzennego. Wskazały również na znaczącą rolę jezior w procesach transportu i akumulacji materiału rozpuszczonego.

Wagę omówionych w artykule problemów dostrzegł Wydział Ochrony Środowiska Urzędu Wojewódzkiego we Włocławku, służąc pomocą organizacyjną i finansową. Część wydatków przeznaczono na odbudowę piętrzenia młyńskiego na Rudzie, dzięki któremu zachowano stan równowagi ekologicznej istniejącej tutaj od 350 lat. Udało się zapobiec generalnej tendencji obniżania poziomu jezior na całym obszarze Gostynińsko-Włocławskiego Parku Krajobrazowego. Piętrzenie zostało odbudowane tak, że spełnia dodatkowo rolę przelewu pomiarowego.

Pomoc finansowa Wydziału Ochrony Środowiska umożliwiła również wykonanie analiz chemicznych wody w laboratorium Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska we Włocławku. Kierownictwu i pracownikom laboratorium należą się wyrazy podziękowania za zrozumienie i rzetelne wykonywanie analiz.



## LITERATURA

- Froehlich W. 1975, *Dynamika transportu fluwialnego Kamienicy Nawojowskiej*, Prace Geogr. IGIPZ PAN, 114.
- 1982, *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwiętrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*, Prace Geogr. IGIPZ PAN, 143.
- Gierszewski P., Glazik R., Grześ M. 1990, *Eksperymentalno-reprezentatywna zlewnia rzeki Rudy (wstępne wyniki badań)*, maszynopis w Zakładzie Geomorfologii i Hydrologii Niżu IGIPZ PAN w Toruniu.
- Glazik R. 1978, *Wpływ zbiornika wodnego na Wiśle we Włocławku na zmiany stosunków wodnych w dolinie*, Dok. Geogr., 2-3,
- Jaworski J. 1988, *Charakterystyka obiegu wody w zlewni Regi*, Wiad. IMGW, 11 (32), 1/2, s. 49-70.
- Kostrzewski A., Zwoliński Z. 1985, *Chemical denudation rate in the upper Parsęta catchment, Western Pomerania: research methods and preliminary results*, Quaest. Geogr., Spec. Issue, 1, s. 121-138.
- 1988, *Chemizm wód zlewni górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1986*, Spraw. PTPN, 105, s. 47-50.
- 1990, *Denudacja chemiczna i mechaniczna w zlewni górnej Parsęty w roku hydrologicznym 1986*, Dok. Geogr., 1, s. 13-30.
- Kotarba A. 1972, *Powierzchniowa denudacja chemiczna w wapienno-dolomitowych Tatrach Zachodnich*, Prace Geogr. IGIPZ PAN, 96.
- Kowalska A. 1968, *Obszary bezodpływowe środkowej części Niżu Polskiego*, rozprawa habilitacyjna, Wyd. Biol. i Nauk o Ziemi UMCS, Lublin.
- Maruszczak H. 1990, *Denudacja chemiczna* (w:) M. Bogacki (red.) *Współczesne przemiany rzeźby Polski południowo-wschodniej*, Prace Geogr. IGIPZ PAN, 153, s. 23-41.
- Paszyński J., Zych S., Bonecka-Żółcik B., 1960, *Klimat Włocławka i Płocka*, Wiad. Sl. Hydrol. Meteorol., VII, 5.
- Pułina M. 1974, *Denudacja chemiczna na obszarach krasu węglanowego*, Prace Geogr. IGIPZ PAN, 105.
- Skompski S. 1971, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski*, ark. Dobrzyń, Wyd. Geol., Warszawa.
- Urbaniak U. 1967, *Wydmy Kotliny Płockiej*, Prace Geogr. IGIPZ PAN, 61.
- Walling D.E., Webb B.W. 1983, *The dissolved loads of rivers: a global overview*, IAHS Publ., 141, s. 3-20.
- Wicik B., Więckowski K. 1988, *Historia Pojezierza Gostyńskiego w świetle badań osadów dennych jezior*, Notatki Płockie, Płock, s. 49-53.
- 1991, *Osady jezior „Na Jozach” w Kotlinie Płockiej - warunki ich akumulacji oraz rola w rekonstruowaniu i prognozowaniu przekształceń środowiska naturalnego*, Przegl. Geogr., 63, 1-2, s. 57-76.
- Wiśniewski E. 1976, *Rozwój geomorfologiczny doliny Wisły pomiędzy Kotliną Płocką a Kotliną Toruńską*, Prace Geogr. IGIPZ PAN, 119.

## CHEMICAL DENUDATION WITHIN THE DRAINAGE BASIN OF THE RUDA RIVER IN 1990 HYDROLOGICAL YEAR

### Summary

The catchment area of the Ruda River, located in the central part of the Plock Basin represents a hydrological unit characteristic for the areas of valley bottoms of big rivers within the area of Polish Lowland. The surface of the catchment area is occupied by proglacial stream valley terraces covered by dunes, mostly under afforestation. This is not an area of considerable degree of anthropopression (the zone of protected landscape - Gostyniński-Włocławski Landscape Park). It is characterized by a great homogeneity in respect to both lithology of surface formations and managing of the terrain. Not high annual precipitation and geological conditions cause that this is the area of deficit of water.

The area of the drainage basin amounts to 55.7 km<sup>2</sup>. It is drained by the Ruda stream, which is 9 km long and has an average gradient of 1.19% .

Seven measurement localities were chosen to define speed and proportions of chemical denudation. Every two weeks hydrometrical measurements were carried on, and once a month water samples were taken for laboratory analysis. These measurements were completed by the values of everyday water levels taken at the control-measurement dam. They were converted to the flow values of output of the table of the Poncelet stamped overflow.

The hydrological year 1990 was characterized by lower values of precipitation sums than average. The annual precipitation sum amounted 408 mm (Terrain Station in Dobiegniewo) and its bigger part fell in the summer half-year (239 mm). The values of flow intensity of the Ruda in the profile of the control-measurement dam ranged from 30.5 to 116.0 l s<sup>-1</sup> - on average 67.3 l s<sup>-1</sup>. Higher flows occurred in the winter half-year. However, it should be generally stated, that during the whole year they had an even course. Ground swelling and the retention role of the lakes had an influence on such state of hydrological regime of the Ruda. The level of water mineralization in the drainage basin of the Ruda is comparatively low and nearly the same for the whole of its area, and on average it amounts 208 mg dm<sup>-3</sup>. Mineralization of the surface waters generally does not differ from the mineralization level of the ground waters swelling of catchment area. Lower values of concentration of the dissolved substances occur in the winter half-year. It is connected with higher flow, however this dependance is rather weak. The predominance of ground swelling and the lakes role of the sedimental reservoirs influence equalizing on the level of mineralizing of waters in the annual cycle.

The average rate of chemical denudation amounted 8 t km<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>. It was higher in the winter half-year, what was the result of influence of higher values of flow. The gained result of chemical denudation does not render in full the value of natural denudation. It should be lowered by the amount of chemical substances delivered to the catchment area by fall (about 16%, according to H. Maruszczak 1990).





### Zeszyty Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

1. T. KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA - Antropoklimat Polski, Warszawa 1991.
2. G. WĘCŁAWOWICZ - Zróżnicowania społeczno-przestrzenne w aglomeracji warszawskiej (1978 i 1988), Warszawa 1991.
3. P. EBERHARDT - Rozmieszczenie i dynamika ludności wiejskiej w Europie środkowo-wschodniej w XX wieku, Warszawa 1991.
4. L. STARKEL, B. OBREŃBSKA-STARKŁOWA - Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego, Warszawa 1991.
5. K. BŁAŻEJCZYK, B. KRAWCZYK, J. SKOCZEK - Badania topoklimatyczne i mikroklimatyczne w różnych strefach klimatycznych, Warszawa 1992.
6. T. KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA - Uwagi o metodach badań klimatu miast,  
K. BŁAŻEJCZYK - Wpływ urbanizacji na lokalne warunki bioklimatyczne,  
J. PIWOWARCZYK - Wpływ rzeźby terenu na bezpośrednie promieniowanie słoneczne w Zakopanem, Warszawa 1992.
7. R. SZCZĘSNY - Produktywność ziemi w rolnictwie indywidualnym w Polsce. Przestrzenne zróżnicowanie i przemiany w latach 1938-1988,  
W. STOLA, R. SZCZĘSNY - Funkcje podstawowe gmin a typy rolnictwa indywidualnego, Warszawa 1992.
8. K. BŁAŻEJCZYK - Bioklimatyczna analiza warunków pogodowych w Polsce, Warszawa 1992.
9. B. GŁĘBOCKI - Organizacja przestrzenna rolnictwa indywidualnego w gminie Wolsztyn;  
W. TYSZKIEWICZ, K. ZELENSKÝ - Typy rolnictwa uspołecznionego Słowacji, Warszawa 1992.
10. A. WERWICKI - Zatrudnienie w usługach wybranych krajów środkowoeuropejskich pod koniec nakazowo-rozdziałowego systemu gospodarczego.  
Rozwój usług rynkowych w wybranych krajach środkowoeuropejskich w ostatniej dekadzie istnienia nakazowo-rozdziałowego systemu gospodarczego, Warszawa 1992.
11. S. MISZTAŁ - Przemiany strukturalne w przemyśle aglomeracji warszawskiej, Warszawa 1992.



1. T. KOZŁOWSKA - KOSCIŃSKA, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
2. D. WĘGIŃSKI, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
3. F. EBERHART, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
4. L. STAREK, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
5. K. BIAŁOZYTA, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
6. T. KOZŁOWSKA - KOSCIŃSKA, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
7. K. BIAŁOZYTA, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
8. J. PIWOŃSKI, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
9. R. SZCZEPAN, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
10. W. STOL, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
11. K. BIAŁOZYTA, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
12. B. GILBACH, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
13. W. TYCZKOWSKI, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
14. A. WERWICZ, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...
15. S. MIŁCZAK, Wpływ zmian w strukturze przestrzennej...





PL - ISSN 0867-6836

WYDAWNICTWA IGI PZ PAN, WARSZAWA

<http://rcin.org.pl>