

POLSKA  
AKADEMIA  
NAUK

INSTYTUT GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

WPLÝW  
DZIAŁALNOŚCI GOSPODARCZEJ  
NA STOSUNKI WODNE  
KOTLINY SANDOMIERSKIEJ

Opracowano pod kierunkiem  
PROF. DR. TADEUSZA WILGATA  
i DOC. DR ANNY KOWALSKIEJ



**WYKAZ ZESZYTÓW  
PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ**

za ostatnie lata

1969

- 1 **Zagadnienia bilansu wodnego**, s. 156 + nlb., zł 27,—
- 2 **Postępy metodyczne geografii brytyjskiej**, s. 167 + nlb., zł 30,—
- 3/4 **Modele w geografii**, s. 184 + nlb., zł 36,—

1970

- 1 **Geografia stosowana — cz. V**, s. 128, zł 24,—
- 2 **Prace z terminologii i metodyki badań osadnictwa wiejskiego**, s. 110 + nlb., zł 24,—
- 3 **Metody ilościowe w radzieckiej geografii ekonomicznej**, s. 127 + nlb., zł 18,—
- 4 **Współczesne procesy geomorfologiczne. Metody badań**, s. 149, zł 27,—

1971

- 1/2 **Teoretyczne problemy współczesnej kartografii**, s. 227 + nlb., zł 30,—
- 3/4 **Problemy regionalizacji w krajach Trzeciego Świata**, s. 232, zł 30,—

1972

- 1 **Procesy urbanizacji w ZSRR**, s. 132 + nlb., zł 30,—
- 2 **Metody fotointerpretacyjne w badaniach geograficznych**, s. 173 + nlb., zł 30,—
- 3/4 **Modele migracji**, s. 426 + nlb., zł 66,—

1973

- 1 **Geografia rolnictwa. Problematyka i kierunki badań**, s. 200 + nlb., zł 30,—
- 2 **Problemy urbanizacji w krajach Trzeciego Świata**, s. 174, zł 27,—
- 3/4 **Kartograficzna metoda badań w geografii**, s. 166 + nlb., zł 30,—

1974

- 1/2 **Przestrzeń krajów Trzeciego Świata. Problemy metodologiczne**, s. 212, zł 48,—
- 3/4 **Zasoby, człowiek i środowisko**, s. 93, zł 24,—

1975

- 1/2 **Przestrzenna dyfuzja innowacji**, s. 202, zł 33,—
- 3/4 **Matematyczne modelowanie środowiska**, s. 131, zł 24,—

**WPLYW DZIAŁALNOŚCI GOSPODARCZEJ  
NA STOSUNKI WODNE KOTLINY SANDOMIERSKIEJ**

POLISH ACADEMY OF SCIENCES  
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

---

THE IMPACT  
OF ECONOMIC ACTIVITIES  
UPON HYDROGRAPHIC CONDITIONS  
IN THE SANBOMIERZ BASIN



YEAR 1975

FASC. 5—6

---

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

<http://rcin.org.pl>

POLSKA  
AKADEMIA  
NAUK

---

INSTYTUT GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

Wpływ  
działalności gospodarczej  
na stosunki wodne  
Kotliny Sandomierskiej

Opracowano pod kierunkiem  
PROF. DR. TADEUSZA WILGATA  
i DOC. DR ANNY KOWALSKIEJ



ROK 1975

ZESZYT 5—6

---

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

<http://rcin.org.pl>

## KOMITET REDAKCYJNY:

Redaktor Naczelny: Halina Szulc  
Sekretarz Redakcji: Zuzanna Siemek  
Członkowie Redakcji: Kazimierz Klimek, Wanda Spryszyńska, Władysława Stola, Andrzej Żeromski

### Adres Redakcji:

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

Redaktor Wydawnictwa: Barbara Bober

Redaktor techniczny: Adam Przylibski

*Printed in Poland*

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo. Wrocław 1977.  
Nakład: 450 egz. Objętość: ark. wyd. 4,90, ark. druk. 3,88, ark.  
form. A<sub>1</sub> 5,50. Papier druk. sat. kl. IV, 70 g, 70 × 100. Oddano do  
składania 17 XI 1976. Podpisano do druku 26 IV 1977. Druk ukoń-  
czono w lipcu 1977 r. Wrocławska Drukarnia Naukowa. Zam. nr  
591/76 — G-10 — Cena zł 24.—

<http://rcin.org.pl>

## SPIS TREŚCI

Wstęp . . . . .	7
1. Charakterystyka stosunków wodnych . . . . .	9
2. Zagadnienie gęstości sieci wodnej . . . . .	15
3. Wpływ melioracji na stosunki wodne . . . . .	20
4. Zmiany hydrologiczne w dolinie Sanu . . . . .	24
5. Warunki odpływu w korycie Sanu . . . . .	26
6. Zmiany przepływów skrajnych Sanu . . . . .	31
7. Wpływ gospodarki miejskiej na stosunki wodne . . . . .	36
8. Zagadnienia wodne rejonu siarkowego . . . . .	38
9. Zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych w byłym województwie rzeszowskim . . . . .	42
Uwagi końcowe . . . . .	49
Literatura . . . . .	56
Summary . . . . .	58





## WSTĘP

Opracowanie stanowi próbę uchwycenia i — w miarę możliwości — oceny zmian zaistniałych w stosunkach wodnych Kotliny Sandomierskiej pod wpływem działalności gospodarczej.

Badania, których wyniki przedstawiamy w skrócie, wykonał zespół pracowników Zakładu Hydrografii UMCS w Lublinie w składzie: dr Irena Burlikowska, Elżbieta Duszyńska, Józef Paszczyk, Krzysztof Wojciechowski, mgr mgr Stefan Bartoszewski, Zdzisław Michalczyk, Magdalena Nowacka, Elżbieta Rederowa, Ryszard Świątek, Halina Taracha oraz osoby kierujące pracą.

Tekst napisali: A. Kowalska i T. Wilgat. Współautorami rozdziału 8 są: S. Bartoszewski i Z. Michalczyk; rozdziału 9 Z. Michalczyk. Niektóre zagadnienia poruszane w pracy są ponadto omówione w odrębnych publikacjach, wykazanych w spisie literatury.

Problematyka podjętego zadania jest złożona. Działania powodujące zmiany hydrosfery są różnorodne. Oprócz bezpośredniego ingerowania przez człowieka, mającego na celu regulowanie dróg i tempa obiegu wody, wywierany jest wpływ na stosunki wodne przez pobór wody i zrzuty ścieków oraz przez rozmaite zabiegi związane z gospodarczym wykorzystaniem i przekształcaniem środowiska geograficznego. Skomplikowane współzależności występujące w przyrodzie sprawiają, że działalność ludzka wywołuje oprócz skutków przewidzianych i pożądaných również i takie, których nie brano w rachubę, a które wynikają z naturalnej dążności środowiska do tworzenia nowej równowagi między komponentami po zaburzeniach spowodowanych przez człowieka.

Zasięg i szybkość przebiegu zmian zależy nie tylko od charakteru i intensywności podejmowanych akcji, wielką rolę odgrywają też cechy samego środowiska, decydujące o jego odporności na czynniki przekształcające. Te same zabiegi gospodarcze mogą przynosić zupełnie inne skutki na terenach o odmiennym układzie elementów środowiska. Niejednakowa ich podatność na zmiany sprawia, że związki przyczynowe badanych zjawisk, oczywiste w jednych przypadkach, w innych są trudne do uchwycenia, a próby uogólnień wymagają wielkiej ostrożności.

Badaniami objęto część Kotliny Sandomierskiej położoną na wschód od Wisłoki w obrębie byłego województwa rzeszowskiego. Konieczność



dostosowania się do przebiegu granic administracyjnych sprawiła, że kształt obszaru opracowania jest dosyć osobliwy. Niemniej wybrane terytorium, na które składa się kilka subregionów Kotliny Sandomierskiej, przedstawia interesujący obiekt studiów. Sprawiają to: a) specyficzne stosunki wodne podatne na przekształcenia; b) zróżnicowanie fizjograficzne, stwarzające możliwości gromadzenia i wykorzystania rozmaitych danych; c) kontrasty gospodarcze, pozwalające na śledzenie różnych czynników powodujących przemiany.

Rozwiązywanie podjętego zadania przebiegało w trzech etapach. Pierwszy miał doprowadzić do poznania istniejących stosunków wodnych i czynników kształtujących obieg wody. W tym celu przeprowadzono kartowanie terenowe na obszarze około 2500 km<sup>2</sup>, co stanowi ponad 1/3 badanego terytorium (ryc. 1). W różnych częściach Kotliny wybrano rejony reprezentatywne pod względem typu środowiska geograficznego, biorąc pod uwagę głównie cechy geologiczne i geomorfologiczne oraz formę zagospodarowania (rejony rolno-leśne, miejsko-przemysłowe i górnicze).

Zdjęcie wykonywane było w ciągu czterech kolejnych sezonów letnich (1969—1973), stąd wyniki pomiaru stanów wody podziemnej wymagały skonfrontowania z wartościami ekstremalnymi i średnimi. Opracowano w tym celu serie obserwacyjne z okresu 1961—1970 dla 30 stacji wód podziemnych rozmieszczonych równomiernie na całym obszarze. Ponadto dla uzupełnienia danych o stosunkach wodnych, wykorzystano wiele materiałów i opracowań rękopiśmiennych, zwłaszcza z hydrogeologii (dokumentacje około 700 otworów wiertniczych) i z zakresu gospodarki wodnej.

W drugim etapie opracowania przeanalizowano zebrane materiały pod kątem zmian zaszłych i zachodzących w stosunkach wodnych. Analizą objęto wody powierzchniowe i podziemne. Niedozowne okazało się sięgnięcie do dawnych źródeł, przede wszystkim do starych map, publikacji i manuskryptów, omawiających regulacje rzek i melioracje rolne wykonane na badanym terytorium. Jako pewien rodzaj źródeł historycznych zużytkowano też materiały gleboznawcze. W celu uchwycenia zmian w odpływie rzeczonym poddano analizie dane hydrometeorologiczne.

Etap trzeci polegał na uporządkowaniu uzyskanych wyników w celu określenia charakteru i zasięgu zmian hydrologicznych oraz roli różnych dziedzin gospodarki w przekształcaniu stosunków wodnych.

## 1. CHARAKTERYSTYKA STOSUNKÓW WODNYCH

Istotną cechą stosunków wodnych Kotliny Sandomierskiej, wynikającą z jej budowy geologicznej, jest wyraźna dwudzielność terytorialna. Inny jest charakter zawodnienia rozległych dolin Wisły i Sanu wraz z genetycznie związaną z nimi Równiną Rozwadowską, inny zaś obszarów wysoczyznowych. I w jednym, i w drugim przypadku dominują

płytkie oraz bardzo płytkie wody podziemne, ale miąższość utworów wodonośnych i ich wykształcenie facjalne są silnie zróżnicowane.

Cały zapas użytkowanej wody podziemnej mieści się w pokrywie czwartorzędowej, która zalega na erozyjnie wymodelowanym podłożu miocenijskim. Podłoże to jest zbudowane z wodoszczelnych iłów krakowieckich. Silnie zmineralizowane naporowe wody tej formacji znajdują się głęboko pod powierzchnią i prawdopodobnie na obszarze Kotliny nigdzie nie wykazują więzi hydraulicznej z piętnem czwartorzędomym. Wynika stąd, że tylko czwartorzęd jest strefą czynnej wymiany wód podziemnych i powierzchniowych.

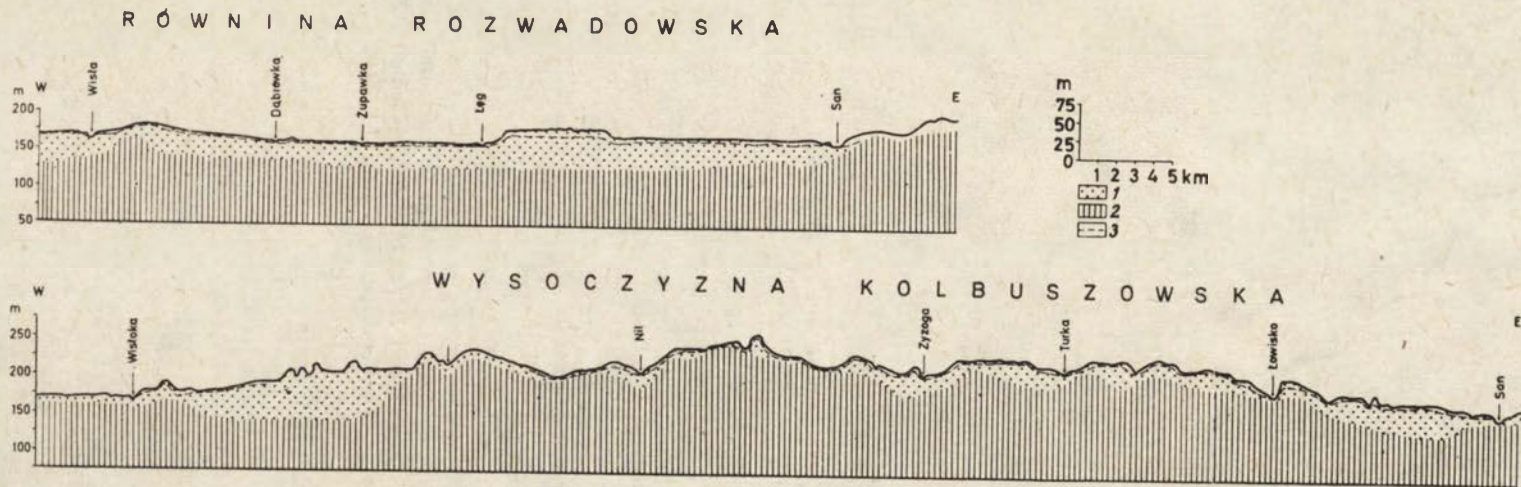
Erozyjne rozcięcie kopalnej powierzchni trzeciorzędowej jest głębsze niż współczesnej (W. Laskowska-Wysoczańska 1971). Różnica między poziomem rozległych den dolinnych pra-Wisły i pra-Sanu a kulminacjami trzeciorzędowymi, które odpowiadają dzisiejszej Wysoczyźnie Kolbuszowskiej, wynosi około 150 m, podczas gdy różnice wysokości współczesnej powierzchni topograficznej osiągają około 120 m. Wartości te są miarą miąższości utworów czwartorzędowych, a tym samym — w pewnym stopniu — zasobności wodnej (ryc. 2).

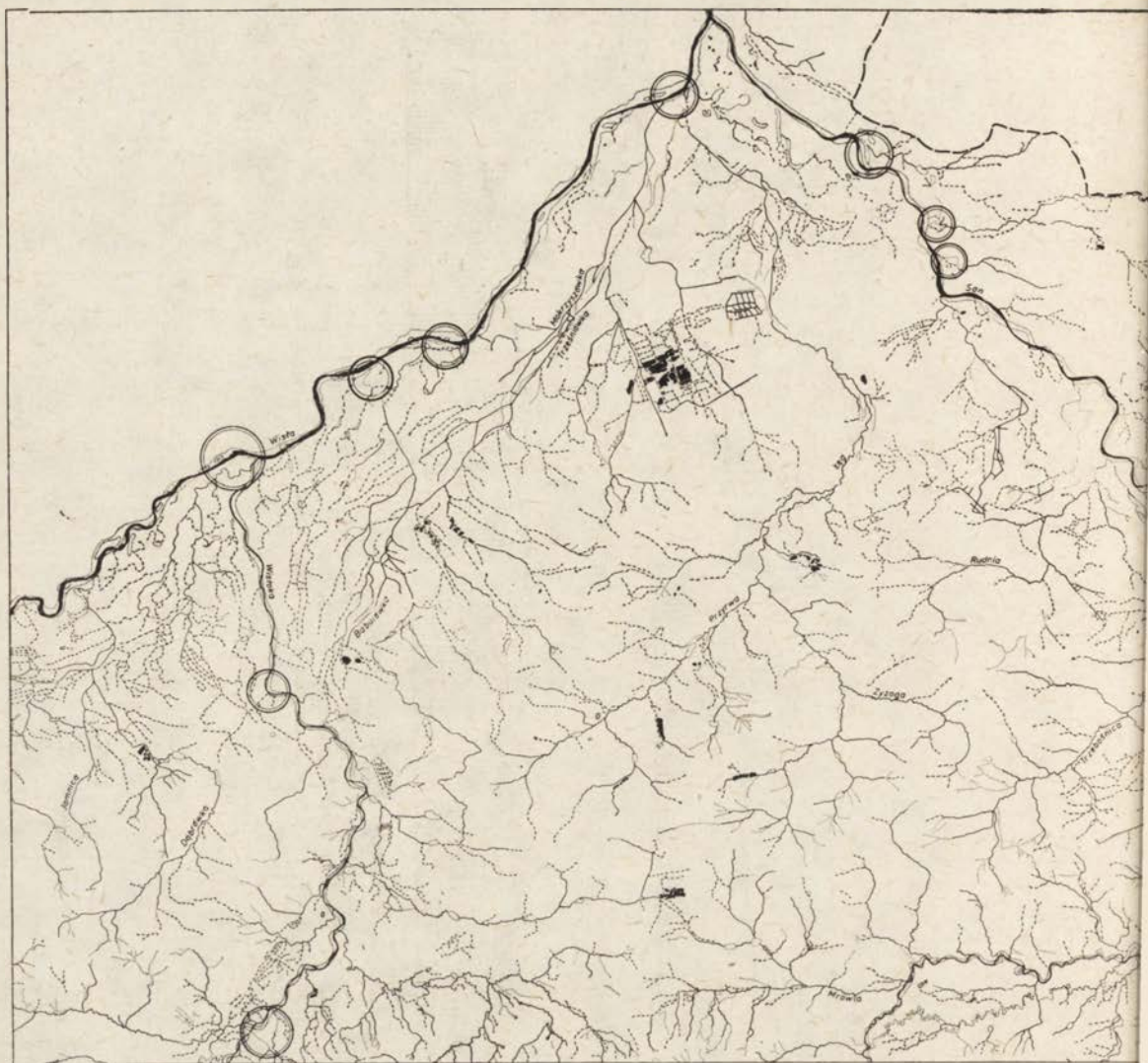
W najniższej położonych partiach Kotliny, tzn. w obniżeniach dolinnych Wisły i Sanu oraz na Równinie Rozwadowskiej, piaski o miąższości do 30 m zawadnione są prawie po strop. Zwierciadło swobodne typowej wody gruntowej występuje tu na głębokości około 2 m, obniżając się do 4 m lub głębiej w bezpośrednim sąsiedztwie koryt rzecznych w dolinie Sanu i Wisłoki. Większą miąższość warstwy suchej, do 10 m, stwierdzono w rejonach zwydmionych porośniętych lasem.

Na Wysoczyźnie Kolbuszowskiej przeważa również głębokość do wody nie przekraczająca 2 m. Są jednak i obszary, gdzie woda występuje głębiej — 4 m poniżej terenu, a nawet 10 m lub nieco więcej. Ku południowi i wschodowi wzrasta udział obszarów o większej miąższości warstwy suchej. Na Wysoczyźnie Tarnogrodzkiej przeważają głębokości 2—4 m, lokalnie odległość do wody sięga 10 m.

Na mapie głębokości zwierciadła wód I poziomu oprócz rysunku hydroizobat przedstawiono wykresy charakterystycznych stanów wody podziemnej dla 10-lecia 1961—1970. Amplituda wahań jest parametrem hydrogeologicznym, określającym lokalne warunki zasilania i filtracji oraz charakter zwierciadła. Znajomość tego parametru pozwala na poprawną interpretację hydroizobat, których konstrukcję oparto na wynikach pomiarów prowadzonych podczas kartowania latem lub wczesną jesienią, gdy stany wody są na ogół zbliżone do wartości średnich rocznych.

W obrębie obu wysoczyzn wody najpłytsze o zwierciadle swobodnym lub napiętym mają z reguły charakter wierzchołków. Na znacznych obszarach jest to jedyny poziom wodonośny. Jego zwierciadło wykazuje ge-





Ryc. 3. Wody powierzchniowe — zmiany w okresie 1855—1938 (wg Kummerer C., 1855, *Administrativ Karte von den Königreichen Galizien und Lodomerien mit dem Grossherzogthume Krakau und den Herzogthümern Auschwitz, Zator u. Bukowina, in 60 Blättern*, Wien oraz *Mapy taktycznej Polski 1:100 000 z 1938-r.*) — oprac. I. Burlikowska

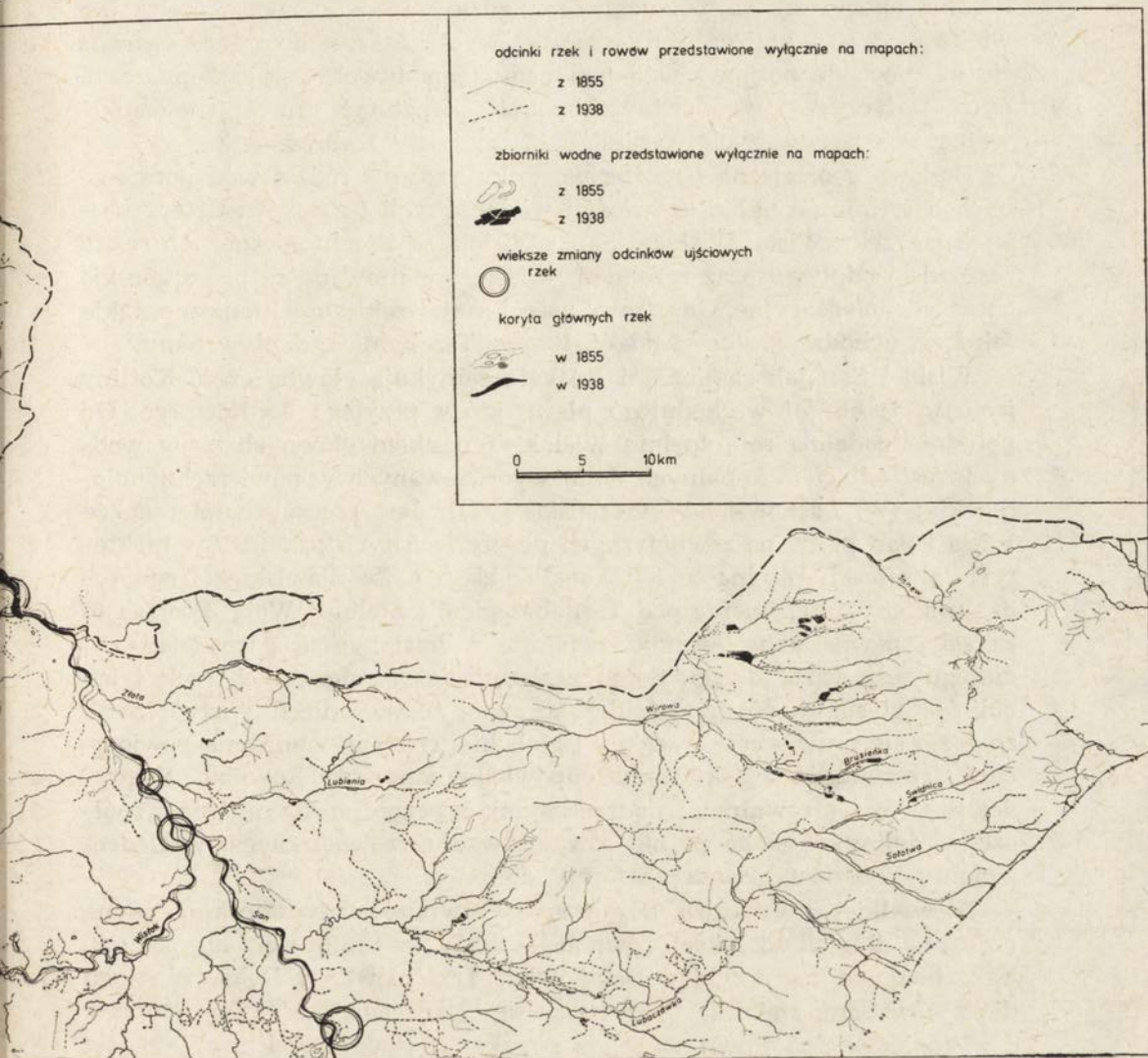


Fig. 3. Surface waters — changes recorded for period from 1855 to 1938, based on the maps: Kummerer C., 1855, *Administrativ Karts von den Königreichen Galizien und Lodomerien mit dem Grossherzogthume Krakau und den Herzogthümern Auschwitz, Zator u. Bukowina, in 60 Blättern*, Wien and *Mapy taktycznej Polski 1 : 100 000 z 1938 r.*

neralne nachylenie ku północy. Tam, gdzie miąższość czwartorzędu jest większa, a wykształcenie litologiczne wyraźnie zróżnicowane, natrafia się na nieciągle poziomy wód pod nadkładem utworów nieprzepuszczalnych. Dotyczy to przede wszystkim dolin kopalnych oraz równoleżnikowej strefy najwyższych wyniesień Wysoczyzny Kolbuszowskiej.

Budowa geologiczna i rzeźba warunkując typ i rodzaj wód podziemnych determinują układ, trwałość i wodność rzek i potoków. Cztery największe rzeki: Wisła, Wisłoka, San i Wiśłok, są allochtoniczne. Ich reżim zasilania i odpływu oraz zasobność wodna kształtowane są przez górskie obszary alimentacyjne. Odmienny ustrój mają rzeki autochtoniczne, takie jak Łęg, uchodzący wprost do Wisły, czy Trzebośnia, dopływ Sanu.

Wisła i San jak ramionami trójkąta zamykają główną część Kotliny izolując ją od jej wschodniego płatu, który przylega do Roztocza. Od południa podobną rolę spełnia Wiśłok. Ten układ głównych strug wodnych jest odbiciem kopalnych dolin wyerodowanych w powierzchni mioceńskiej (W. Łaskowska-Wysoczańska 1971). Jest rzeczą znaną, że Wisła i San płyną po zewnętrznych peryferiach tych praform, w niektórych miejscach rozcinając ich kopalne zbocza. Ze zjawiskiem tego rodzaju mamy do czynienia pod Tarnobrzegiem i Stalową Wolą. Pociąga to za sobą pewne konsekwencje związane z działalnością gospodarczą — dlatego jest warte uwagi. Samo przesunięcie współczesnych rzek i ich dolin w stosunku do mioceńskich sprawia, że w widłach Wisły i Sanu znalazło się prawie całe, rozległe i głębokie, erozyjne obniżenie powierzchni trzeciorzędowej, któremu odpowiada dzisiejsza Równina Rozwadowska wraz z równinami nadrzecznymi, znacznie szerszymi niż współczesne doliny. Wisłoka płynie również wzdłuż zewnętrznego, względem badanego obszaru, zbocza praformy dolinnej.

Niewielkie, ale bardzo liczne rzeki równiny nadwiślańskiej, płyną często na długich odcinkach równoległe do Wisły zanim się z nią połączą. Taki bieg ma na przykład Babulówka, Trześniówka i Dęba. W biegu dopływów Sanu zjawisko to zaznacza się w znacznie mniejszym stopniu.

Tkanka wodna Równiny Rozwadowskiej i równin nadrzecznych jest bardzo gęsta. Widać w niej działalność człowieka. Wyprostowane koryta są powiązane ze sobą siecią prostoliniowych rowów różnej wielkości i rangi.

Zgoła odmienne cechy sieci hydrograficznej występują na wysoczyznach. Płaskowyż Kolbuszowski dzięki swemu centralnemu położeniu wśród obniżen dolinnych jest guzem wododzielnym, z którego niewielkie strugi spływają we wszystkich kierunkach. Tutaj dominuje palczasty, wachlarzowaty kształt poszczególnych systemów rzecznych. Wynika to z żywej rzeźby erozyjnej oraz dużego udziału glin i pyłów w utworach powierzchniowych. Samo tylko studium mapy topograficznej i geologicznej pozwala przypuszczać, że w tych warunkach przeważa spływ powierzchniowy nad infiltracją. Cechy edaficzne środowiska odzwiercie-



dłają się też w trwałości potoków i mniejszych strug wodnych. Są okolice, gdzie pewne ciekі sezonowo zanikają. Wiąże się to z występowaniem wód wierzchówkowych, które w okresach suszy nie są w stanie zasilać drenujących je strumieni. Po roztopach i nawalnych deszczach tworzą się bardzo liczne ciekі epizodyczne.

Sieć wodna na wysoczyznach jest gęsta, ale jej naturalny wygląd w niczym nie przypomina sztucznie przemodelowanych cieków na równinach.

## 2. ZAGADNIENIE GĘSTOŚCI SIECI WODNEJ

Badania terenowe pozwoliły na stwierdzenie zmian zaszłych w gęstości i charakterze wód powierzchniowych oraz w położeniu zwierciadła wód podziemnych. Zjawiska te są powszechne i łatwe do zauważenia podczas kartowania. Dla określenia jednak wielkości przekształceń i umiejscowienia ich w czasie trzeba było podjąć dodatkowe studia. Zmiany gęstości tkanki wodnej prześledzono konfrontując stan sieci zarejestrowanej na mapach z różnych okresów czasu:

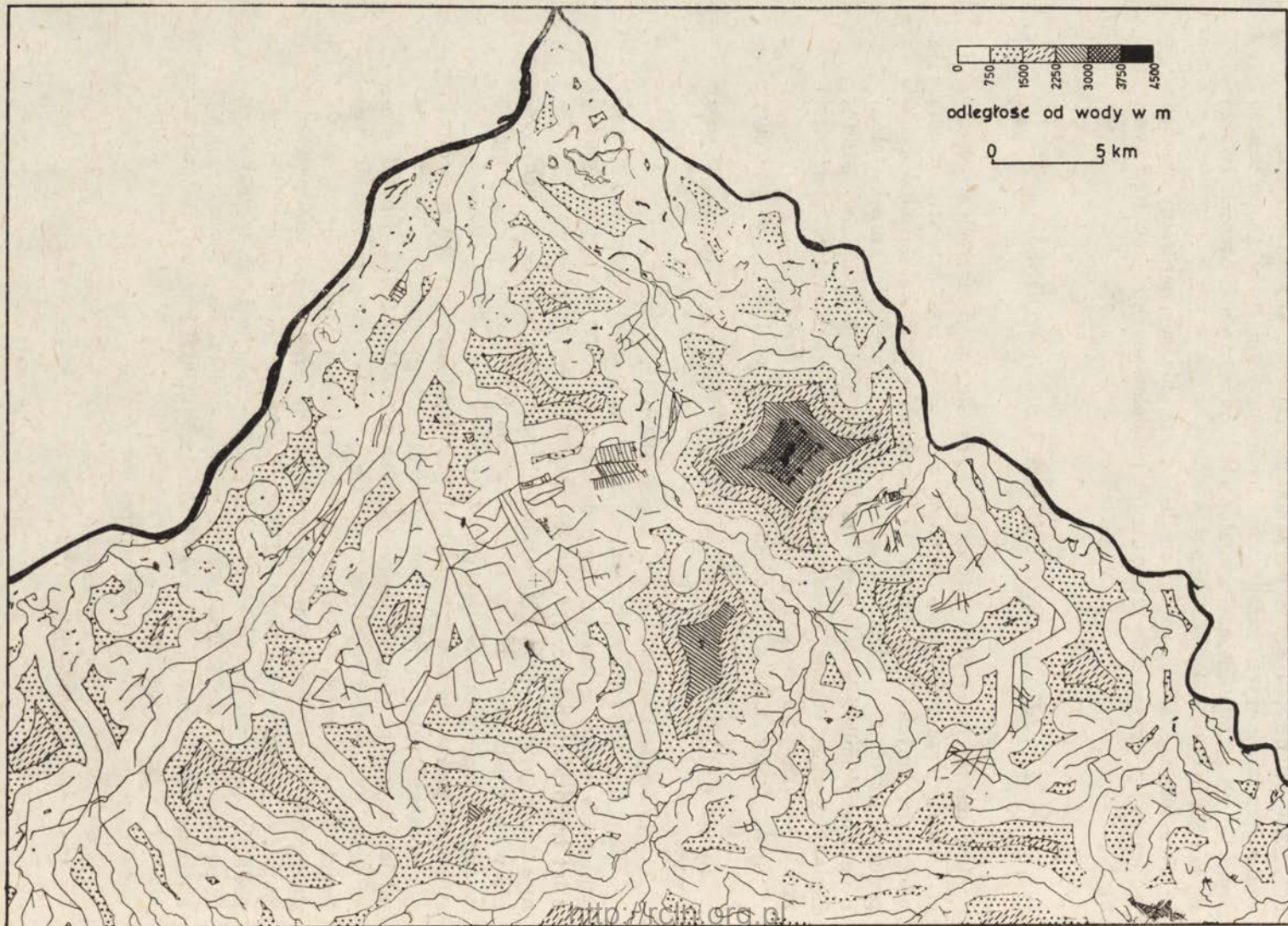
a) na mapie Galicji i Lodomerii wydanej w 1855 r. w podziałce 1 : 115 000;

b) na mapach sztabowych austriackich 1 : 75 000 z przełomu XIX i XX w.;

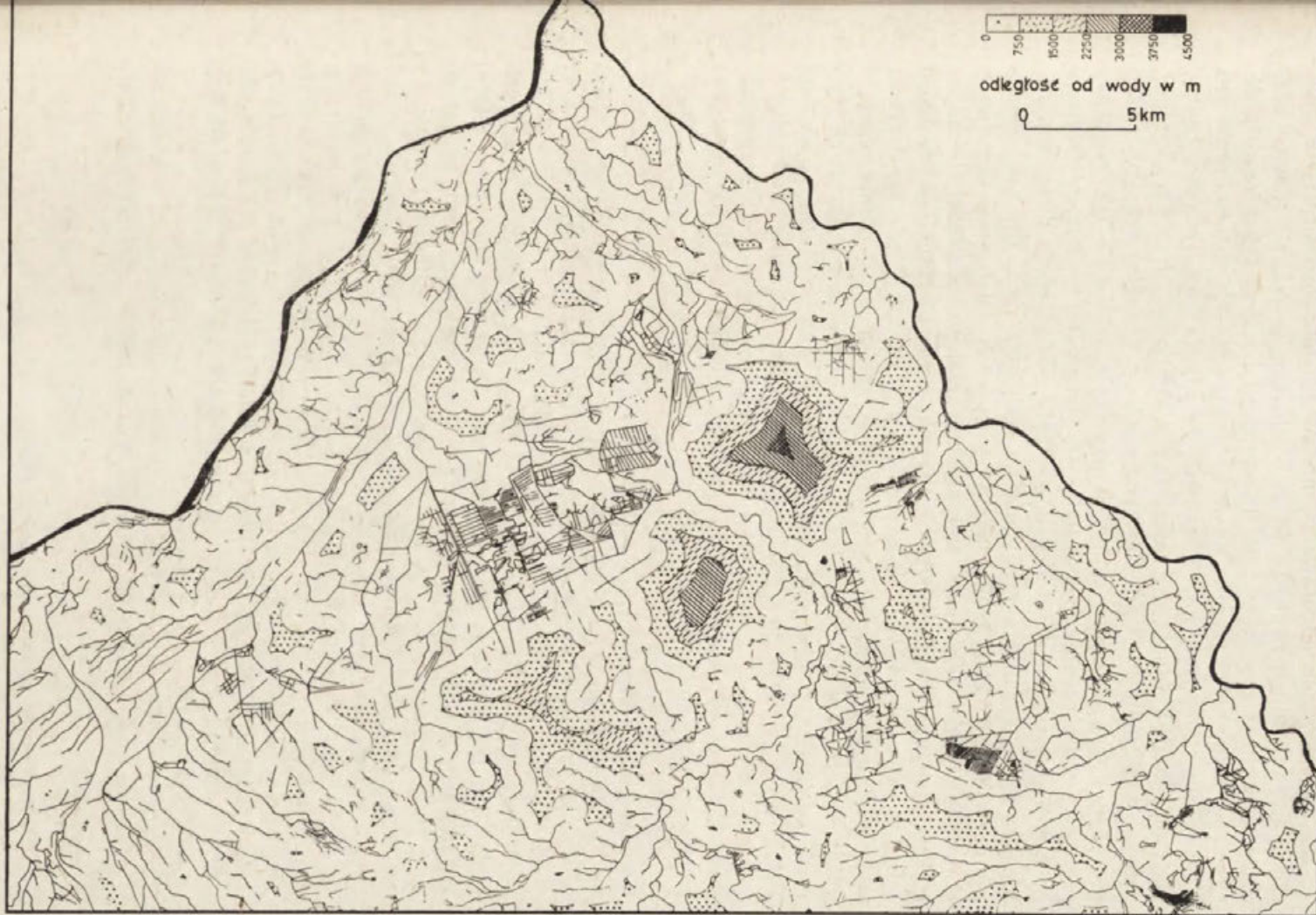
c) na współczesnych mapach topograficznych.

Dla całego terytorium porównanie zrobiono zestawiając mapę z 1855 r., doprowadzoną fotograficznie do podziałki 1 : 100 000, z mapą 1 : 100 000 z lat trzydziestych (ryc. 3)\*. Treści topograficzne nie są w pełni porównywalne z powodu różnej generalizacji, pozwalają jednak na uchwycenie wielu zaistniałych zmian. Przedstawiono je na mapie, z której można wyciągnąć szereg interesujących wniosków. Przede wszystkim zarejestrowano powstanie nowych cieków. Najwięcej przybyło ich na Równinie Rozwadowskiej, w powiatach mieleckim i tarnobrzeskim. W powiecie mieleckim ogólna długość strug wodnych wzrosła o 234%. Ubytki, stosunkowo nieliczne, z reguły są związane z wytyczeniem rzekom nowych koryt. Wraz ze wzrostem liczby, a więc długości linii wodnych, zaszły duże zmiany w odcinkach ujściowych wielu rzek. I tak na przykład Żupawka, płynąca w połowie XIX w. równolegle do Trześniówki, uchodziła do Łęgu w jego dolnym odcinku. Na mapie z lat trzydziestych Żupawka wpada do Trześniówki w miejscu połączenia z Mokrzyżówką, a dawny dolny odcinek Żupawki o długości około 8 km już nie funkcjonuje. Podobnie zmieniono bieg Trześniówki, która niegdyś była dopływem Łęgu, a obecnie wpada wprost do Wisły.

\* Opracowanie wykonała I. Burlikowska.



Rys. 4. Ekwidystanty od wody (wg Umann L., 1894, *Die Spezialkarte...*, 1 : 75 000, Wien) — oprac. E. Rederowa



Ryc. 5. Ekwidystanty od wody (na podstawie materiałów współczesnych — 1973 r.) — oprac. E. Rederowa

Fig. 5. Equidistances from water channels, based on modern (1973) material

Na wysoczyznach odnotowano znaczny ubytek cieków przy równoczesnym powstaniu pewnej liczby nowych. Obraz zmian jest więc bardziej skomplikowany, a w jego interpretacji konieczna jest ostrożność. Cecha obszaru, która wyraża się w istnieniu licznych strug okresowych i tworzeniu się epizodycznych sprawia, że zdjęcia topograficzne, będące podstawą map, każdorazowo rejestrowały chwilowy obraz sieci wodnej, zależny od aktualnych warunków pogodowych. W takiej sytuacji trudno stosować ilościową ocenę zmian, bowiem nie wszystkie ich elementy można przypisywać ingerencji ludzkiej. Niemniej przekazy historyczne oraz poznanie terenu z autopsji dostarczyły dowodów, że dużej zmianie uległy ogólne warunki zawodnienia na tych obszarach. Dość powszechnie prowadzone zabiegi melioracyjne na gruntach słabo przepuszczalnych doprowadziły do znacznego zmniejszenia zasięgu mokradeł i zaniku cieków zasilanych wierzchówkami. Straciły przez to aktualność niektóre lokalnie używane nazwy, jak na przykład „Żabi kraj” między Przyrwą a Łęgiem pod Kolbuszową, dziś zupełnie osuszony (W. Zwierzchowski 1976). Odwadnianiem można też tłumaczyć pojawienie się nowych dolnych odcinków cieków, którymi połączono istniejące niegdyś drobne potoki z recypientem; przypuszczalnie owe potoki ginęły w mokradłach, które zlikwidowano, stwarzając linijsy odpływ. Kilku takich przykładów dostarcza Wysoczyzna Tarnogrodzka. Stosunkowo liczne na opracowanej mapie zmiany są przypadki skrócenia rzek o ich górne odcinki na długości od jednego do kilku kilometrów. Miejscami na Wysoczyźnie Tarnogrodzkiej odcinki takie są dłuższe.

Koryta największych rzek obszaru, a więc Wisły, Wisłoki, Sanu i Wisłoka, uległy znacznemu zwężeniu, co wraz ze zmniejszeniem krętości ich biegu jest rezultatem prac regulacyjnych.

Na uwagę zasługuje prostolinijność rysunku odcinków niektórych rzek na mapie z 1855 r. Można z tego wnosić, że były one już wcześniej regulowane, a więc przed główną fazą prac melioracyjnych, podjętych w wyniku ustawy z 1884 r. Potwierdzenie tego wniosku znajdujemy w literaturze (E. Hołowkiewicz 1886; A. Kędzior 1929).

Na całym badanym terytorium likwidacji uległo wiele zbiorników na rzekach przy dawnych młynach i tartakach. Z przekazów historycznych wiadomo, że w okresie przedrozbiorowym liczba zbiorników była znacznie większa niż na mapie z połowy XIX w. Obsługiwały one miejscowe hutnictwo żelaza i szkła. Mapa z 1855 r. rejestruje już stan znacznie uszczuplony, ale i tak różnica w stosunku do mapy topograficznej z lat trzydziestych jest duża.

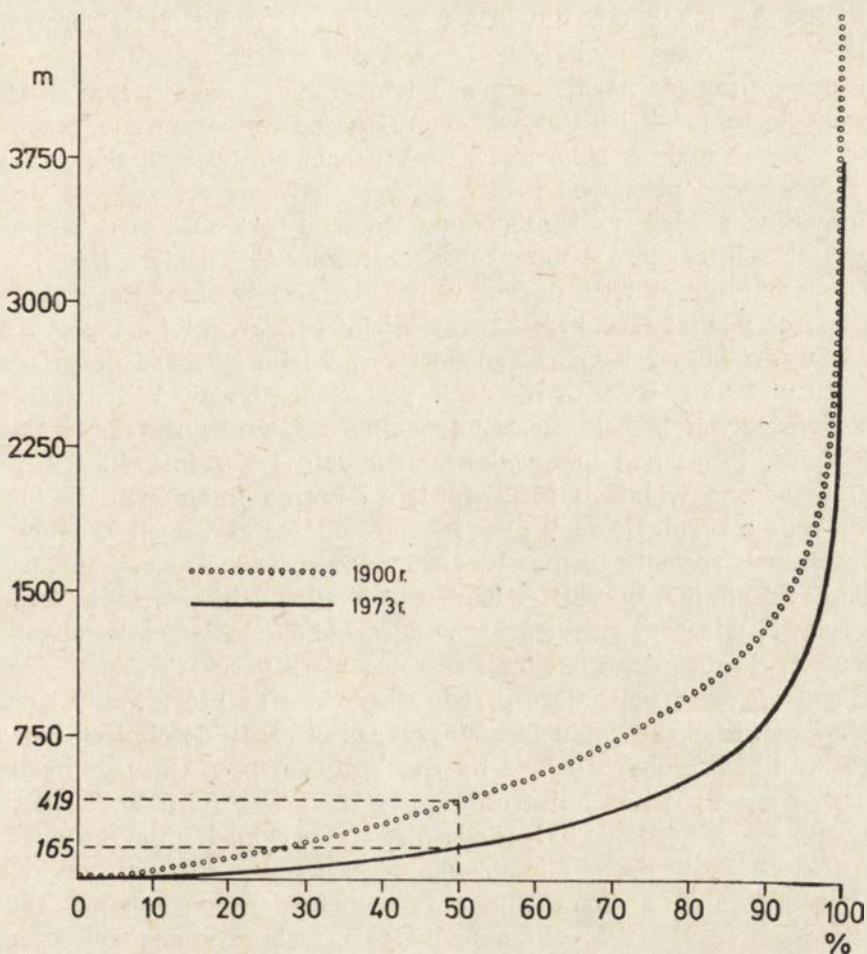
Celem dokonania ilościowej oceny zmian gęstości sieci wodnej zastosowano metodę odległościową (T. Wilgat 1966)\*. Podstawą do prze-

---

\* Opracowanie wykonała E. Rederowa.

przewodzenia analizy była sieć rzeczna wypreparowana z austriackiej mapy topograficznej oraz sieć aktualna z tzw. „obrubówki” w skali 1:25000, uzupełniona rysunkiem urządzeń melioracyjnych odpowiadających stanowi z końca 1973 r. Opracowaniem objęto trójkąt Wisła—San po równoleżnikowy bieg Wisłoka. Fragment opracowania przedstawiają ryciny 4 i 5.

Okazało się, że na Równinie Rozwadowskiej gęstość sieci wodnej wzrosła w okresie 1900—1973 trzykrotnie, a w niektórych terenach, na przykład w byłym powiecie mieleckim, nawet czterokrotnie. Odległość medialna od wody w widłach Wisły i Sanu zmniejszyła się z 419 do 165 m, a w byłym powiecie mieleckim z 320 do 80 m (ryc. 6).



Ryc. 6. Krzywe kumulacyjne odległości od wód powierzchniowych  
Fig. 6. Cumulative curves showing distances from surface waters

### 3. WPŁYW MELIORACJI NA STOSUNKI WODNE

Przeprowadzone badania nad gęstością sieci wód powierzchniowych i uzyskane wyniki wskazują na powszechność zaszłych zmian i na ich dość jednoznaczny kierunek — wzrost gęstości linii odpływu oraz zmniejszenie powierzchni mokradeł i liczby zbiorników wodnych. Konsekwencją tego było obniżenie zwierciadła wody podziemnej i generalne osuszenie terytorium.

Odwadnianie rozpoczęło zapewne dawno, wraz z zasiedlaniem obszaru. Osadnictwo, które do końca XIV w. opanowało równiny nadrzeczne Wisły, Wisłoki i Sanu, posuwało się stopniowo w głąb Puszczy Sandomierskiej. Wysoczyzna Kolbuszowska została opanowana przez człowieka w większości już u schyłku XV i w ciągu XVI w. (M. Dobrowolska 1931).

Prace osuszające nasiliły się pod koniec XVIII w. (E. Romer 1911). Równoległe człowiek oddziaływał hamująco na drenaż terenu przez budowę licznych małych zbiorników na rzekach. Na większą skalę osuszanie rozpoczęło dopiero pod koniec XIX w., gdy weszła w życie ustawa melioracyjna z 1884 r. Szczegółowe dane o pracach melioracyjnych w tym okresie zawiera 4-tomowe opracowanie A. Kędziora (1929).

Obszarem pierwszych dużych robót była Równina Rozwadowska, a zwłaszcza powiat tarnobrzescki, najczęściej i najgroźniej zatapiający podczas powodzi obszar karpackiego dorzecza Wisły. Większe prace rozpoczęto tu w 1886 r. Były to regulacje małych dopływów Wisły oraz osuszanie rozległych bagien. Regulację dolnego Łęgu wykonano w latach 1886—1893. Pracę nad uporządkowaniem dolnej Trześniówki i Żupawy przeprowadzono w latach 1887—1891, a systemu Babulówki do 1894 r. Równoległe z regulacją rzek prowadzono budowę głównych kanałów odwadniających rozległe bagna. W 1886 r. rozpoczęto osuszanie bagien w okolicy Rudnika, w 1891 r. bagien w okolicy Niska, a także Łańcuta i Jarosławia. Moczary rzemieńskie w dorzeczu Wisłoki zaczęto odwadniać w 1905 r., a zabagnione okolice Rzeszowa w 1910 r.

Regulacje rzek, polegające przede wszystkim na prostowaniu i pogłębieniu koryt oraz skracaniu biegów rzek, prowadziły do obniżenia zwierciadła wód podziemnych o 1—2 m. Następstwem prac regulacyjnych był znaczny wzrost powierzchni gruntów użytkowanych rolniczo. Efekty rolnicze nie zawsze jednak były dodatnie. Na przykład uregulowanie Żupawy, które spowodowało obniżenie zwierciadła wody na przyległych torfowiskach, stało się powodem pożaru torfowiska po suszy w 1904 r. na obszarze 100 ha. W celu umożliwienia wykorzystania zniszczonych gruntów zdecydowano o dalszym pogłębieniu koryta Żupawy o 1 m. Przy osuszaniu bagien rudnickich nadmierne pogłębienie Potoku Jeżowskiego spowodowało przesuszenie nadbrzeżnych łąk i gruntów ornych i przekształcenie ich w nieużytki (A. Kędzior 1929).

Prace melioracyjne, zapoczątkowane na szeroką skalę w końcu XIX w., trwają ze zmiennym nasileniem do dziś. Stan zmeliorowania użytków rolnych w 1969 r. w powiatach położonych na badanym obszarze przedstawiono w tabeli 1. Zestawienie ujawnia w sposób dobitny skalę przestrzenną robót melioracyjnych i ich rolę odwadniającą.

Tabela 1

Stan zmeliorowania użytków rolnych według danych na 1 I 1969 r.

Powiat	Grunty orne					Użytki zielone				
	powierzchnia ogółem w ha	odwadniane		nawadniane		powierzchnia ogółem w ha	odwadniane		nawadniane	
		ha	%	ha	%		ha	%	ha	%
Kolbuszowa	36695	4346	11,8			17400	1354	7,8	270	1,6
Leżajsk	29995	2616	8,7			12598	4542	36,1	1470	11,7
Mielec	51398	44519	86,6	52	0,1	8995	7469	83,0	355	3,9
Nisko	26098	1832	7,0			17984	4025	22,4	2850	15,8
Tarnobrzeg	28392	5717	20,1	110	0,4	19496	7355	37,7	1503	7,7

Dowodów zaniku bagien i podmokłości oraz obniżenia zwierciadła wód podziemnych dostarczyły również materiały gleboznawcze. Ogólnie wiadomo, że niektóre typy gleb są czułym wskaźnikiem zmian stosunków wodnych. Chodzi przede wszystkim o czarne ziemie, które wykształciły się w warunkach nadmiernego uwilgotnienia. W Kotlinie Sandomierskiej gleby pobagienne nie zajmują rozległych przestrzeni, ale występują w licznych, drobnych płatach. Gleboznawcy uważają, że ukształtowały się one w ostatnich dziesiątkach lat, a ich „inwazja” jest wskaźnikiem spadku poziomu wód gruntowych i ogólnego wysuszenia gleb (M. Strzemiński 1954).

W poszukiwaniu metody określenia, o ile obniżył się średni poziom wody gruntowej, zdecydowano wykorzystać liczne informacje o występowaniu w profilu glebowym rudawca. W klimacie, jaki panuje w Polsce, wody przesiąkające przez glebę zawierają znaczne ilości kwasu węglowego i kwasów humusowych, rozpuszczających związki żelaza. Związki te ekstrahowane z gleby i podglebia wędrują w postaci dwuwęglanów i rozpuszczalnych humatów w głąb i zatrzymują się dopiero na poziomie wody gruntowej. Tu odbywa się wytrącanie żelaza w postaci wodorotlenku limonitu, który zlepia ziarenka piasku i żwiru w dość twardą skorupę, zwaną rudawcem lub orsztynem (A. Polański, K. Smulikowski 1969). Przy wahaniach zwierciadła wody gruntowej powstają liczne warstewki rudawcowe, z których każda odpowiada pewnemu poziomowi wody (F. Terlikowski 1958; K. Kuźniar 1948). Strefa rudawca



Ryc. 7. Zmiany lesistości w okresie 1855—1951, (wg Kummerer C., *op. cit.* oraz *Mapy taktycznej Polski 1:100 000 z 1938 r. unacześnionej w 1951—1954*) — oprac. I. Burlikowska



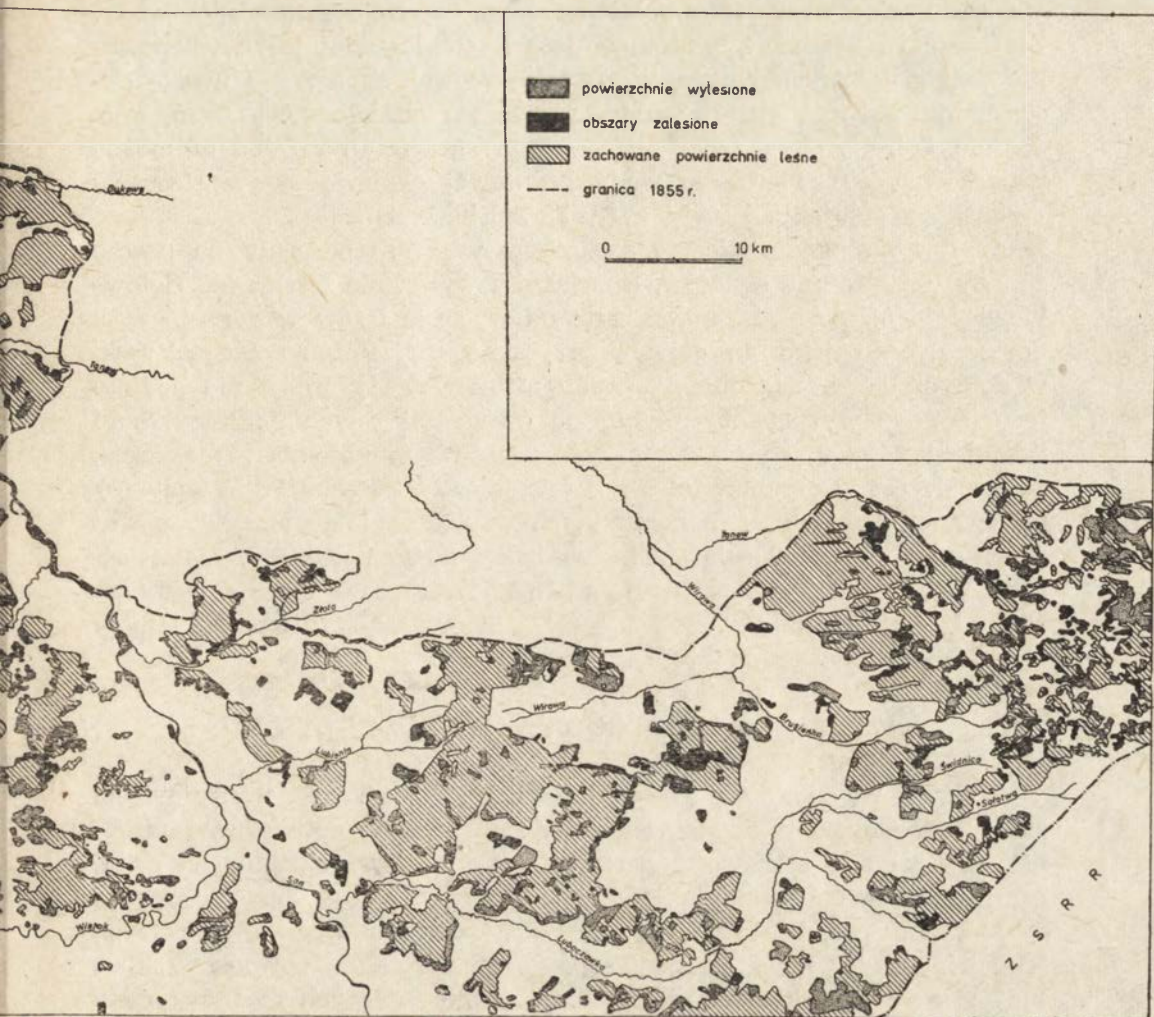


Fig. 7. Changes in woodland covers, for the period from 1855 to 1951 based on the maps: Kummerer C., *op. cit.*, and *Mapa taktyczna Polski 1 : 100 000 z 1938 r. unaczęsniona w 1951—1954*

wskazuje więc na średnie położenie i na oscylacje zwierciadła wody. Zjawiskiem powszechnym na Równinie Rozwadowskiej jest występowanie wód gruntowych poniżej strefy rudawcowej. Biorąc pod uwagę ekstremalne wahania stanów wody, wynoszące obecnie 1,0—1,5 m, oraz średnie, które w okresie 1961—1970 nie przekraczały na ogół 1 m, można wnioskować, że zwierciadło wody gruntowej obniżyło się w stosunku do dawnego położenia o 1—1,5 m (A. Kowalska 1976).

Wpływ na przekształcanie stosunków wodnych odegrały na pewno zmiany użytkowania gruntów, a zwłaszcza wylesienie terenu (A. Hołowkiewicz 1886). A. Kędzior wskazuje na wycięcie lasów w górnej części dorzecza Łęgu jako na główną przyczynę zapiaszczenia koryta rzeki w dolnym biegu. Zagadnienia zmian użytkowania gruntów nie podjęto jednak, gdyż wymagałoby to objęcia badaniami całych dorzeczy Sanu i Wisłoki wraz z ich obszarami górskimi. Warto natomiast podkreślić, że zachowane w obrębie Kotliny Sandomierskiej obszary leśne wpłynęły na rozmieszczenie prac melioracyjnych w XX w. Małe zmiany spowodowane melioracjami związane są właśnie z dużymi powierzchniami leśnymi. Na podkreślenie zasługuje również fakt, że w okresie ostatnich 100 lat, gdy stosunki wodne ulegały silnemu przekształcaniu, zmiany lesistości były niewielkie (ryc. 7).

#### 4. ZMIANY HYDROLOGICZNE W DOLINIE SANU

Z uwagi na odmienną rolę hydrologiczną dużych rzek tranzytowych, zmiany stosunków wodnych w ich dolinach należało potraktować odrębnie. Ograniczone możliwości personalne i finansowe skłoniły do skoncentrowania badań w dolinie Sanu.

Pierwsze projekty regulacyjne Sanu, powstałe w drugiej połowie XIX w., nie doczekały się realizacji. Po katastrofalnej powodzi w lipcu 1867 r. wykonano jednak szereg przekopów ścinających meandry rzeki na odcinku między Przemyślem i Szówkiem poniżej Jarosławia w celu ułatwienia odpływu wód wezbraniowych. Na pozostałym odcinku aż do ujścia rzeki do Wisły koryto zachowało się w stanie naturalnym.

Nowy projekt regulacji, oparty na pomiarach z lat 1902—1903, a obejmujący rzekę od Leska do ujścia, zaczęto realizować w 1904 r. Na nizinnym odcinku Sanu roboty regulacyjne, polegające na zwężeniu koryta i umocnieniu faszyną brzegów, zostały wykonane przed I wojną światową. Nie uregulowany pozostał tylko odcinek rzeki stanowiący granicę państw zaborczych w rejonie Krzeszowa. Wykonano tam jedynie przekop pod Sarzyną. Brak zabezpieczenia brzegu po stronie rosyjskiej spowodował jednak szybkie ponowne zdziczenie rzeki. Uregulowano także dolne odcinki Wisłoka i Tanwi. W okresie międzywojennym kontynuowano prace tylko lokalnie i prowadzono roboty konserwacyjne.

Pierwsze wały przeciwpowodziowe budowane były fragmentarycznie

już w XVIII w. Zorganizowane działanie podjęto w XIX w., a po wielkiej powodzi w 1884 r. przystąpiono w 1888 r. do akcji zaplanowanej na szerszą skalę.

Wały dwustronne zbudowane zostały jedynie w dolnym, liczącym 27 km, odcinku rzeki poniżej ujścia Bukowej. Rozstaw ich wynosi 500—900 m. Założone przed I wojną światową, w okresie międzywojennym były naprawiane i podwyższane. Powyżej Bukowej istnieją tylko odcinki wałów jednostronnych. Ogólna długość obwałowań wynosi 47,8 km (dane „Hydroprojektu”).

W okresie poprzedzającym wykonanie wymienionych prac regulacyjnych stosunki wodne w dolinie Sanu ulegały przekształcaniu w sposób powolny. Rola człowieka ograniczała się do wpływu pośredniego, głównie przez wycinanie lasów w dolinie, na międzyrzeczach i w górskiej części dorzecza. Ta działalność wzmogła naturalne procesy transportu i akumulacji osadów oraz intensywność erozji bocznej. W protokóle międzynarodowej komisji do spraw regulacji Sanu z 1896 r. stwierdza się na podstawie badań austriackiej służby hydrologicznej, że w zakolu pod Sarzyną w ciągu 8 lat (1887—1895) odległość między wklęsłymi brzegami zakola malała o około 8 m rocznie. Przesunięcie całego koryta na południo-zachód wyniosło według A. Szumańskiego (1973) 540 m w okresie od 1853 do 1903 r., a więc średnio około 10 m rocznie. Niszczenie brzegów, przemieszczanie się dużych ilości materiału, przebudowa ławic stanowiły elementy przekształcania koryta, określonego mianem dziczenia rzeki.

Regulacja zahamowała rozwój erozji bocznej. Stan aktualny jest jednakże stanem wymuszonym. Może się utrzymać tylko przy stałej interwencji ludzkiej, zabezpieczającej brzegi przed niszczeniem. Zaniechanie konserwacji doprowadziłoby w krótkim zapewne czasie do powtórnego zdziczenia rzeki, podobnie jak się to stało z Łęgiem. Rzekę tę uregulowano pod koniec XIX i na początku XX w. Brak konserwacji urządzeń doprowadził do jej powtórnego zdziczenia w okresie międzywojennym (A. Szumański 1973).

Wyprostowanie i zwężenie koryta Sanu uaktywniło erozję wgłębną, co doprowadziło do obniżenia zwierciadła wody podziemnej w dolinie, zwłaszcza w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki. Spowodowało to z kolei zmianę w wykorzystaniu terasy, która — uprzednio podmokła i często zalewana — może teraz być użytkowana rolniczo.

Zagospodarowanie dna doliny wymagało dodatkowo kopania rowów odprowadzających wodę z licznych starorzeczy do koryta rzeki. Rowy te drenują skutecznie obszary terasy niskiej. Jednocześnie w okresach wezbrań te same rowy — o ile nie są zabezpieczone sprawnie działającymi zastawkami — prowadzą wodę Sanu do zagłębień, podczas gdy dawniej woda dostawała się tam tylko podczas takich wezbrań, które przekraczały naturalną barierę wału przykorytowego.

Budowa sztucznych wałów przeciwpowodziowych odizolowała od rzeki szereg obszarów, które otrzymują obecnie wodę z opadów, z napływu wód gruntowych spoza doliny i z podsiąku wód aluwialnych. Stosunki wodne kształtują się tam odmiennie niż w obszarach pozostających w kontakcie z rzeką.

Tak więc obszar doliny o zróżnicowanych wprawdzie stosunkach wodnych, ale tworzący naturalną jednostkę hydrologiczną, został na skutek działań hydrotechnicznych rozbity na szereg odrębnych wycinków terenu, różniących się reżimem wód podziemnych i ich kontaktem z rzeką. Podobne zmiany zaszły w dolinie Wisłoki.

## 5. WARUNKI ODPLYWU W KORYCIE SANU

Zmiany warunków odpływu spowodowane pracami hydrotechnicznymi w dolinach rzek czy też zabiegami melioracyjnymi na międzyrzeczach lub zmianami w użytkowaniu gruntów wpływają na wzrost lub osłabienie procesów erozyjno-akumulacyjnych w korytach rzek. Dążenie rzeki do osiągnięcia stanu równowagi w nowych warunkach odpływu prowadzi do pogłębiania lub wypełniania koryta. W rzekach karpacczych Niziny Sandomierskiej w okresie ostatnich kilkudziesięciu lat nastąpiło pogłębienie koryt, co zmusiło służbę hydrologiczną do zmiany zera wodowskazów. W celu określenia wielkości wcięcia i ewentualnie czasu oraz zmian nasilenia procesu poddano analizie dostępne materiały hydrometeorologiczne z dorzecza Sanu. Rozpatrzono zależność, jaka zachodzi między średnimi rocznymi stanami wody w wybranych profilach rzeki a opadami rocznymi w zlewniach zamkniętych tymi profilami. Przy niezmiennych warunkach odpływu większym sumom opadów rocznych powinny odpowiadać wyższe średnie roczne stany wody. Istnieją jednakże czynniki zakłócające ten związek. Należy do nich przede wszystkim retencjonowanie wody w zlewni, zarówno na powierzchni, zwłaszcza w postaci śniegu, jak i w podziemiu. Pewną rolę odgrywają ponadto zjawiska lodowe, które powodują piętrzenie wody, nie mające odpowiednika w ogólnym wzroście zasilania. Wpływ tych czynników można zmniejszyć rozpatrując zamiast wartości rocznych średnie kilkuletnie przesuwane. Istnienie czynników zakłócających nie uniemożliwia zresztą podjęcia próby uchwycenia związku, jedynie ją utrudnia.

Okres, dla którego starano się skompletować dane hydrometeorologiczne, obejmuje lata 1897—1970. Zawiera on jednakże luki w materiałach, których nie udało się uzupełnić. Ostatecznie dysponowano przy analizie danymi dla około 60 lat z trzech stacji na środkowym i dolnym Sanie: Przemyśla, Jarosławia i Radomyśla. Z uwagi na opublikowane dane z lat 1897—1927 (*Wyniki pomiarów...* 1929) wszystkie pozostałe wartości odnoszące się zarówno do stanów wody, jak i opadów, wyliczono dla lat kalendarzowych.

Wykresy, ilustrujące zebrane materiały (jeden przedstawiono przykładowo na rycinie 8), wykazują we wszystkich trzech stacjach systematyczne zmniejszanie się średnich rocznych stanów wody (widoczne zwłaszcza w wartościach średnich kilkuletnich przesuwanych), nie usprawiedliwione zmniejszonymi opadami.

Dla przeanalizowania, jak zmienia się zależność średnich rocznych stanów wody ( $H$ ) od sumy rocznej opadu w zlewni ( $P$ ), wniesiono odpowiednie pary wielkości w układ współrzędnych prostokątnych (ryc. 9). Chaotyczny na pozór rozrzut punktów wykazuje pewien porządek, gdy uwzględni się czynnik czasu. Punkty odnoszące się do lat wcześniejszych położone są dalej od osi odciętych, zaś punkty lat późniejszych bliżej. Ta zmiana położenia nie przebiegała konsekwentnie, co jest wynikiem działania wspomnianych czynników zakłócających związek  $H$  i  $P$  (zapewne rolę odgrywa również niedokładność danych hydrometeorologicznych, zwłaszcza opadowych). Na wykresach, w których zamiast wartości rocznych uwzględnia się średnie przesuwane 2- lub 3-letnie, zjawisko zarysowuje się bardziej prawidłowo.

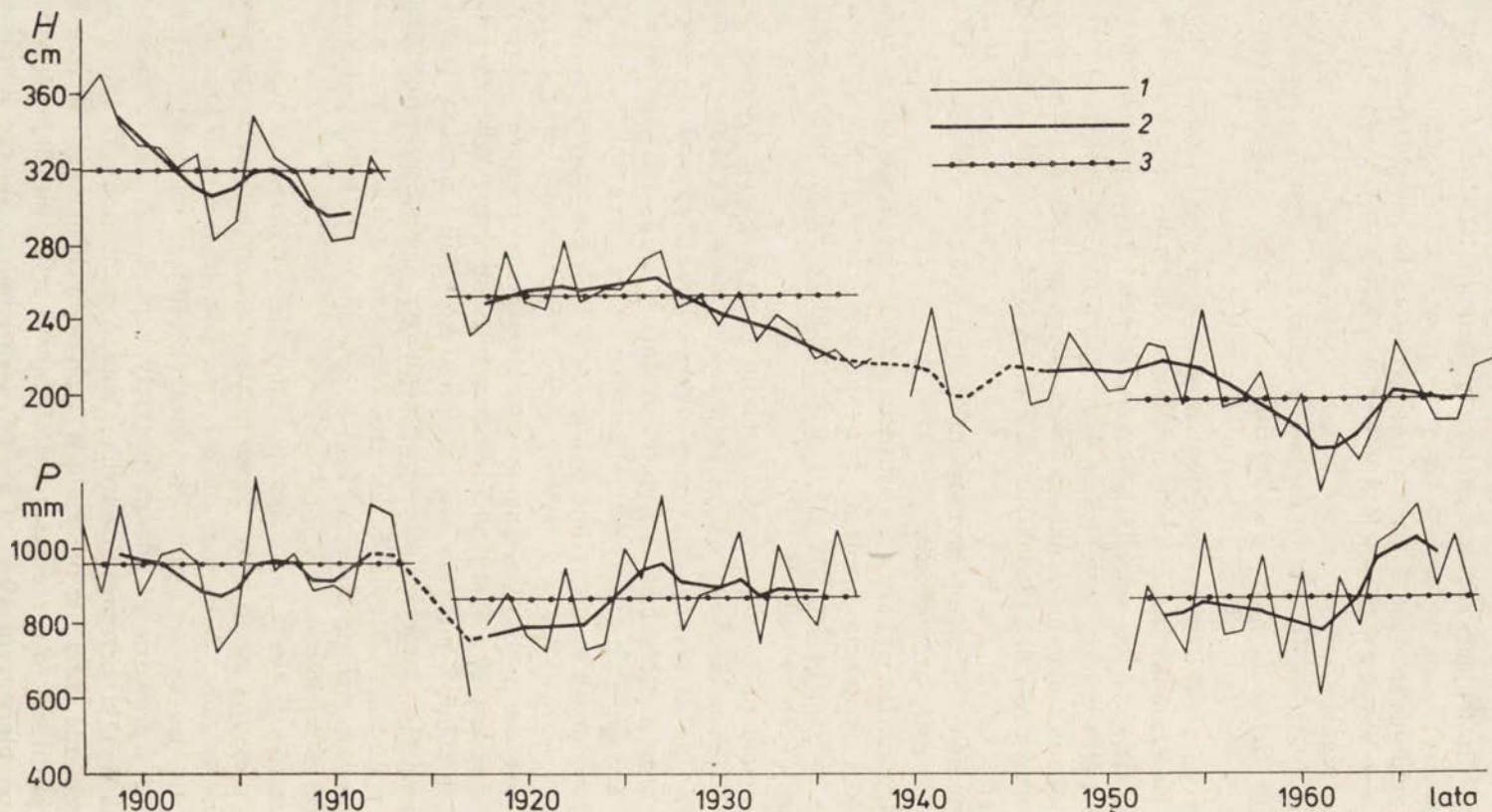
Rozkład punktów wskazuje na istnienie okresów wzmożonego wcinania się rzeki i okresów względnego spokoju. Gdy nie następowało silne pogłębianie koryta, punkty na wykresach układały się w pobliżu prostych obrazujących związek  $H$  i  $P$ .

W Przemyślu na przykład okres spokoju erozyjnego panował w latach 1897—1909 (odbiegający swym położeniem punkt z 1898 r. odrzucono, uznając go za błędny). Następny okres charakteryzował się nieco wzmożoną erozją, która osłabła dopiero w latach 1916—1924, co widać zwłaszcza na wykresach z wartościami średnimi przesuwanymi. Następny etap silniejszej erozji zaznaczył się dopiero w latach pięćdziesiątych, natomiast lata sześćdziesiąte wykazywały raczej zahamowanie erozji.

Wybrawszy na podstawie analizy rozmieszczenia punktów okresy, w których związek  $H$  i  $P$  ulegał nieznacznym zmianom, wyliczono dla odpowiednich zbiorów punktów współczynniki korelacji i proste regresji. Proste przebiegają mniej więcej równolegle do siebie, wskazując na stopniowe pogłębianie koryta rzeki. Dla określenia wielkości wcinania obliczono przesunięcie prostych na linii odpowiadającej średniej rocznej sumie opadu z wielolecia.

Jest sprawą oczywistą, że dobór punktów dla wykreślenia prostych regresji mógłby być nieco inny. Moment dowolności jest jednakże niewielki, gdyż zły dobór punktów odbija się na współczynnikach korelacji. Podkreślić też trzeba, że wyniki liczbowe określające wielkość wcięcia zmieniają się wprawdzie ze zmianą przyjętych punktów, ale różnice są nieznaczące. Wyniki przeprowadzonych obliczeń zestawiono w tabeli 2.

Silne wcinanie rzeki nie nastąpiło w tych samych okresach w trzech badanych profilach. W Przemyślu i Radomyślu wyraźnie daje się ono zauważyć po pierwszym 10-leciu bieżącego wieku, co dobrze koreluje



Ryc. 8. Średnie roczne stany wody Sanu w Przemyślu i sumy rocznego opadu w zlewni Sanu po Przemyśl

1 — średnie roczne; 2 — średnie 3-letnie podwójnie przesuwane; 3 — średnie kilkunastoletnie

Fig. 8. Mean annual water levels in river San at Przemyśl, and sums of annual precipitation in San catchment basin upstream of Przemyśl

1 — mean annual values; 2 — values for 3 years (consecutive curve); 3 — mean values for scores of years



Zmiany średniego rocznego stanu wody na Sanie odpowiadającego stałej wielkości opadu rocznego w zlewni

Stacja	Okres	Liczba lat	Współczynnik korelacji	Średni		Zmiana śr. roczn. stanu	Uwagi
				opad w mm	roczny stan w cm		
Przemysł	1897–1909	12	0,895		313		bez 1898 r.
	1916–1924	9	0,894		267	–46	
	1925–1932	8	0,795		248	–19	
	1930–1935	6	0,936	890	235	–13	
	1951–1959	9	0,812		218	–17	
	1951–1955	5	0,949		227		
	1955–1959	5	0,958		210		
	1960–1968	9	0,852		183	–35	
	1897–1968					–130	
Jarosław	1897–1909	12	0,761		285		brak 1925 r
	1910–1929	17	0,890		271	–14	
	1951–1957	7	0,960	795	222	–49	
	1961–1967	7	0,809		166	–56	
	1897–1967					–119	
Radomyśl	1897–1905	9	0,880		389		
	1906–1913	8	0,855		353	–36	
	1916–1923	8	0,911	725	336	–17	
	1924–1937	14	0,852		307	–29	
	1951–1962	12	0,848		308	+1	
	1962–1969	9	0,704		297	–11	
	1897–1969					–92	

nice, dające się odczytać ze skrajnie położonych na wykresach prostych regresji, wynoszą: w Przemysłu 130 cm, w Jarosławiu 119 cm i w Radomyślu 92 cm. Można zatem sądzić, że w ciągu ostatnich 70 lat koryto Sanu wcięło się około 1 m w dolnym biegu i nieco więcej w biegu środkowym. W ostatnim 10-leciu procesy erozyjne uległy pewnemu zahamowaniu i wytworzyła się sytuacja quasi-równowagi, sztucznie podtrzymywanej pracami konserwacyjnymi w korycie rzeki.

Na intensywne wcinanie się rzek karpaccich na przedpolu gór w okresie ostatniego stulecia zwrócił uwagę L. Starkel (1960). Określił on wcięcie koryta Wisłoki w ostatnim 50-leciu na 0,95 m. Według K. Klimka (1974) w ostatnim 20-leciu wcinanie Wisłoki wynosiło średnio 10 cm rocznie. W przypadku Sanu intensywność wcinania była nieporównanie mniejsza. Dla całego okresu 70-lecia w trzech stacjach wynosiła ona od 1,3 do 1,8 cm/rok, nie przekraczając 6 cm/rok w okresach żywszej erozji (wodowskaz w Jarosławiu na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych).



Nierównomierne tempo erozji wglębnej jest wynikiem równoczesnego oddziaływania naturalnych czynników klimatycznych, bardzo zmiennych w czasie, oraz prac podejmowanych przez człowieka. Stąd wynika trudność interpretacji każdej zmiany jej nasilenia. Jednakże jednokierunkowość i intensywność procesu jest zgodnie tłumaczona ingerencją ludzką, polegającą na zmianie użytkowania gruntów, zwłaszcza przez wylesianie górskich części dorzeczy, na pracach hydrotechnicznych, a przede wszystkim regulacjach koryt rzecznych, oraz na eksploatacji żwirów i piasków korytowych (L. Starkel 1960; B. Osuch 1968; K. Klimek 1974).

## 6. ZMIANY PRZEPŁYWÓW SKRAJNYCH SANU

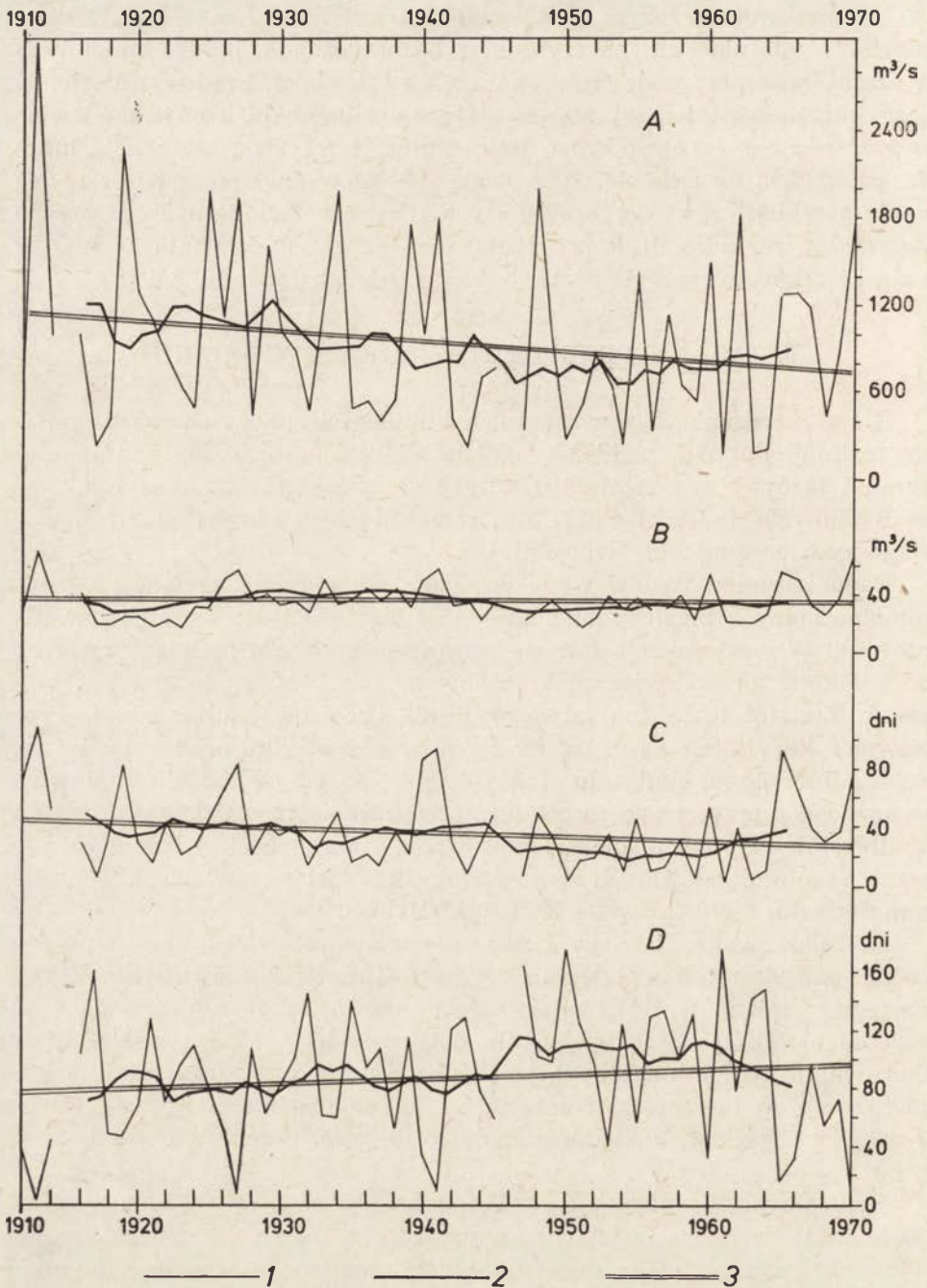
Dla stwierdzenia, czy w ostatnich kilkudziesięciu latach zaszły zmiany reżimu odpływu, poddano analizie wielkość oraz czas trwania wezbrań i niżówek w okresie 1912—1970 w dwóch profilach na Sanie — w Radomyślu i Jarosławiu\*. Dla wcześniejszego okresu nie dysponowano codziennymi obserwacjami.

Badanie zmian stanów wody wskazuje na wyraźne tendencje — minimalne stany z biegiem lat zmniejszają się i wydłuża się czas trwania niżówek. W wezbraniach daje się zauważyć tendencję malejącą zarówno w wielkości przepływów maksymalnych, jak i w czasie trwania wezbrań. Zmiany te można łatwo wyjaśnić pracami regulacyjnymi. Prostowanie koryta Sanu i związane z tym wzrost spadku oraz wcinanie się rzeki odbiło się na obniżeniu stanów wody i na przyśpieszeniu odpływów w korycie, a przez to na zmniejszeniu zagrożenia powodziowego oraz na wydłużeniu okresów niskich stanów wody. Na zjawisko systematycznego zmniejszania się skrajnych stanów wody na Wisłoce, zwłaszcza w ostatnim 20-leciu, zwrócił uwagę K. Klimek (1974).

Zaobserwowane zjawiska świadczą o zmianach warunków odpływu, co nie pozostaje bez wpływu na jego charakter. Nie mówią jednak, czy nastąpiły zmiany w ilości odpływającej wody. Próba wyjaśnienia tego zagadnienia była analiza danych dotyczących wielkości przepływów maksymalnych i minimalnych w okresie letnim oraz czasu trwania letnich wezbrań i niżówek. Ograniczono się do badania półrocza letniego z uwagi na większą dokładność danych objętości przepływu w tej porze roku.

Przedstawione wykresy (ryc. 10) wykazują te same tendencje zmian, jakie stwierdzono na podstawie analizy stanów wody, ale znacznie mniej wyraźnie zaznaczone. Dla stwierdzenia istnienia jednokierunkowych zmian wyliczono proste wyrównujące ciągi danych (proste regresji), podobnie

\* W opracowaniu wykorzystano materiały zebrane w pracach magisterskich: Z. Borchulski, *Niżówki na Sanie* i A. Kantorysiński, *Wezbrania na dolnym Sanie* (Lublin 1974).



Ryc. 10. Tendencje zmian przepływów skrajnych Sanu w Radomyślu

A — przepływy maksymalne letnie; B — przepływy minimalne letnie; C — czas trwania wezbrań letnich; D — czas trwania niżówek letnich; 1 — średnie roczne; 2 — średnie 10-letnie przesuwane; 3 — proste regresji

Fig. 10. Trends of changes in extreme flow periods of San river at Radomyśl  
 A — recorded highest summer flow; B — recorded lowest summer flow; C — duration of summer high-water flow; D — duration of summer low water flow; 1 — mean annual values; 2 — mean 10-year values; 3 — straight lines of regression

jak zrobili to J. Stachy i H. Czarnecka (1968) dla średnich przepływów rocznych i Z. Kaczorowska (1962) dla opadów w Polsce. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 3, a proste naniesiono na wykresy.

Równania prostych regresji i ocena ich istotności

Tabela 3

Rodzaj danych	Równanie prostej	U	Pr U w %
Maksymalne przepływy letnie	$y = -6,7x + 1149$	2,17	97,0
Czas trwania wezbrań	$y = -0,25x + 44$	1,70	91,1
Minimalne przepływy letnie	$y = -0,018x + 36$	0,28	22,1
Czas trwania niżówek	$y = 0,36x + 77$	1,57	88,4

Interpretacja wyników wymaga dużej ostrożności. Najwyższy stopień prawdopodobieństwa ma tendencja malejąca maksymalnych przepływów letnich. Ze wszystkich jednak badanych zjawisk wezbrania są najbardziej zmienne i najsilniej uzależnione od krótkotrwałych sytuacji meteorologicznych. Toteż, aby być pewnym ścisłości wyniku, należałoby przyjąć bardzo wysoki stopień ufności, zwłaszcza dla tak krótkiej serii obserwacyjnej.

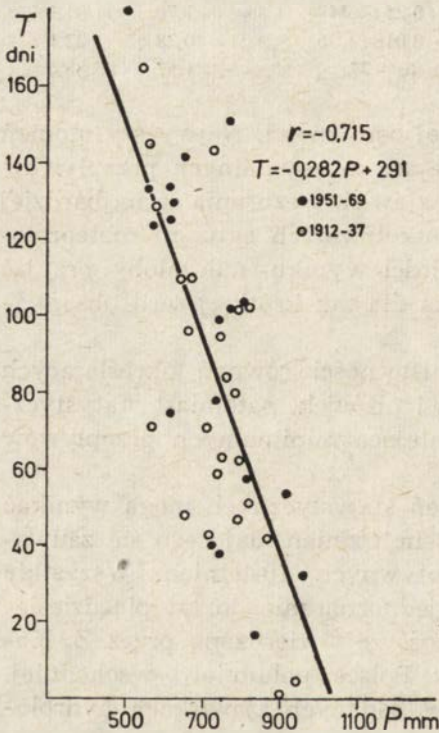
Mniejsze jest prawdopodobieństwo istotności równań określających tendencje zmian czasu trwania wezbrań i niżówek, natomiast statystycznie nieistotna okazała się tendencja malejąca minimalnych przepływów letnich.

Te mało przekonujące wyniki obliczeń statystycznych mogą wynikać z pewnego załamania zasadniczych tendencji zmian, dającego się zauważyć na wykresach krzywych konsekwentnych 10-letnich. Wszystkie stwierdzone tendencje występują dość jednoznacznie do lat pięćdziesiątych i wykazują w tym wyraźną zgodność ze stwierdzoną przez Z. Kaczorowską tendencją zmian opadów w Polsce południowo-wschodniej. W ostatnim jednak 10-leciu nastąpiło w badanych zjawiskach hydrologicznych odwrócenie kierunku zmian, które zaważyć musiało na wynikach obliczeń statystycznych. Nie można przesądzić, czy odwrócenie to jest trwałe, czy też mamy do czynienia z krótkookresowym wahaniem, które nie przekreśli ogólnych tendencji. Można natomiast stwierdzić jego związek ze wzrostem opadów, zarejestrowanych w dorzeczu Sanu w latach sześćdziesiątych (ryc. 8).

Przeprowadzone badanie nie daje podstaw do stwierdzenia, czy działalność gospodarcza spowodowała zmiany w objętości przepływów skrajnych Sanu oraz w czasie trwania wezbrań i niżówek. Zgodność bowiem tendencji zmian zjawisk hydrologicznych i opadów przesłania ewentualny wpływ człowieka. Jeśli jednak wpływ działalności gospodarczej istnieje, to powinien się on odbić na zjawisku odpływu. Na przykład wydłużenie czasu trwania niżówek z biegiem lat winno być większe niż w przy-

padku, gdyby zmiany wywołane były jedynie przyczynami klimatycznymi.

Powstawanie i rozwój niżówek jest zjawiskiem złożonym, uzależnionym od wielu czynników klimatycznych i terenowych. Głównym jednak czynnikiem ich zmienności w konkretnej zlewni — a więc w warunkach terenowych, które możemy przyjąć za stałe — jest zmienna obfitość opadów. Dlatego między czasem trwania niżówek letnich a roczną sumą opadu powinna istnieć uchwytna zależność.



Ryc. 11. Związek między opadem rocznym w zlewni ( $P$ ) i czasem trwania niżówek letnich ( $T$ ) Sanu w Radomyślu  
Fig. 11. Relation between annual precipitation in catchment basin ( $P$ ) and duration of low-water flow ( $T$ ) in the summer, for San river at Radomyśl

tak dużym rozrzucie punktów błąd standardowy oceny jest zbyt duży. Posłużyć jednak może do porównania obu serii. W pierwszej z nich wyniki uzyskane za pomocą wzoru są przeważnie większe od wartości wyjściowych, w drugiej zaś mniejsze. Wartości średnie dla obu okresów zestawiono w tabeli 4.

Jak wynika z tabeli, średnia długość niżówek letnich w pierwszym

Naniesione w układ współrzędnych 44 pary zmiennych dla Sanu w Radomyślu wykazują wprawdzie duży rozrzut punktów (ryc. 11), jednakże współczynnik korelacji  $r = -0,715$  jest istotny na wysokim poziomie ufności. Błąd standardowy współczynnika wynosi 0,075.

Dane, którymi rozporządzano przy obliczeniach, tworzą dwie odrębne serie: 25 lat z okresu 1912—1937 i 19 lat z okresu 1951—1969, w którym zaznaczyła się wspomniana zmiana tendencji. Współczynniki korelacji obliczone oddzielnie dla obu serii wynoszą  $r = -0,72$  i  $r = -0,71$ .

Zakładając istnienie zależności prostoliniowej otrzymujemy dla całego zbioru wzór na prostą regresji

$$T' = -0,282 P + 290,9.$$

Błąd standardowy współczynnika regresji wynosi 0,041.

Obliczony na podstawie wzoru czas trwania niżówek letnich  $T'$  wykazuje oczywiście duże różnice w stosunku do wartości wyjściowych  $T$ . Wzór nie ma jednak służyć do określenia czasu trwania niżówek. Przy

Tabela 4

## Czas trwania niżówek letnich na Sanie w Radomyślu

Okres	Liczba lat	Opad w mm	$T$ śr.	$T'$ śr.	$T - T'$
			w dniach		
1912–1937	25	728,2	81,4	85,5	-4,1
1951–1969	19	711,9	95,4	90,1	+5,3
1912–1969	44	721,2	87,5	87,5	9,4

okresie wynosiła 81,4 dnia, zamiast 85,5, w drugim zaś 95,4, zamiast 90,1. Różnica między dwoma okresami, usprawiedliwiona wielkością opadów, wynosić winna 4,6 dnia (90,1—85,5), a wynosiła 14 dni (95,4—81,4). Niżówki drugiego okresu wydłużyły się więc o 9 dni w stosunku do okresu pierwszego.

Uzyskany wynik nie może być traktowany jako realna wartość wydłużenia letnich niżówek, przy zmianie bowiem położenia linii regresji uzyskalibyśmy inne wartości liczbowe. Nie zmieniłyby się jednakże znak odchyłeń, wskazujący na wzrost czasu trwania niżówek nie spowodowany zmniejszonymi opadami. Wzrost ten nie mógł też być spowodowany zwiększeniem się ewapotranspiracji, gdyż nie wystąpiły w badanym okresie jednokierunkowe zmiany temperatury. Dodatkowe wydłużenie niżówek można zatem przypisać działalności ludzkiej.

Podobną zależność od opadów, jak czas trwania niżówek letnich, wykazuje także minimalny przepływ letni. Współczynnik korelacji wynosi w tym przypadku  $r = 0,72$ . Można przeto przeprowadzić takie same obliczenia. Ich wyniki przedstawia tabela 5.

Zmniejszenie letnich przepływów minimalnych w okresie drugim w stosunku do okresu pierwszego, wynoszące 2,6 m<sup>3</sup>/s, jest wprawdzie niewielkie, ale również wskazuje na istnienie dodatkowego — poza opadem — czynnika.

Tabela 5

## Minimalny przepływ letni Sanu w Radomyślu

Okres	$Q_{\min}$	$Q'_{\min}$	$Q_{\min} - Q'_{\min}$
	w m <sup>3</sup> /s		
1912–1937	36,1	35,0	1,1
1951–1969	32,2	33,7	-1,5
1912–1969	34,4	34,4	2,6

Wezbrania są bardziej zależne od rozkładu opadów w czasie niż od ich ilości, dlatego letnie przepływy maksymalne wykazują słaby związek z sumą roczną opadu. Silniejsza jest zależność czasu trwania letnich wezbrań od sumy rocznej opadu (współczynnik korelacji  $r = 0,723$ ). Prze-

prorowadzone obliczenia wskazują na skrócenie się czasu trwania wezbrań o 7,5 dnia (tab. 6).

Tabela 6

Czas trwania wezbrań letnich na Sanie w Radomyślu (w dniach)

Okres	$T$	$T'$	$T - T'$
1912–1937	39,6	36,4	3,2
1951–1969	29,4	33,7	–4,3
1912–1969	35,2	35,2	7,5

Otrzymane wyniki liczbowe, choć nie określają w sposób ścisły zmian badanych zjawisk, pozwalają stwierdzić, że ustrój rzeki uległ przekształceniu, którego nie da się wyjaśnić przyczynami klimatycznymi. Ewolucja ustroju, wyrażająca się skróceniem czasu trwania letnich wezbrań, wydłużeniem zaś niżówek i zmniejszeniem minimalnych letnich przepływów, spowodowana jest zmianą warunków odpływu, którą przypisać trzeba działalności człowieka.

## 7. WPLYW GOSPODARKI MIEJSKIEJ NA STOSUNKI WODNE

Cały badany region ma charakter wybitnie rolniczy, częściowo leśny. Miast i osiedli typu miejskiego jest niewiele, a wielkość ich mierzona liczbą mieszkańców mieści się w granicach 1,5–32 tys.

Dla szczegółowego rozpatrzenia problemów wody i zmian, jakie powoduje gospodarka komunalna i przemysłowa, wybrano 9 miast, czyli nieco ponad połowę wszystkich istniejących w badanym obszarze. Siedem z nich leży w dolinie Sanu, dwa na Wysoczyźnie Kolbuszowskiej (ryc. 1). Przy wyborze zachowano więc proporcję charakterystyczną dla całej Kotliny Sandomierskiej, jeśli chodzi o położenie osiedli w stosunku do jednostek morfologicznych.

Obszar wszystkich miasteczek wraz z okolicą skartowano według ogólnych zasad zdjęcia hydrograficznego, zgromadzono wszelkie dostępne dane odnośnie do poboru wody, form jej użytkowania, ilości i jakości zrzutów, urządzeń wodociągowych i kanalizacyjnych. Wyniki kartowania wzbogacone materiałami hydrogeologicznymi i danymi zebranymi w instytucjach umożliwiły ocenę zasobów wodnych, jakie są w dyspozycji poszczególnych rejonów miejskich. Na tym tle przedstawiono ilościowo bilans poboru wody i zrzutu ścieków, rozpatrując oddzielnie gospodarkę komunalną i przemysłową.

Spośród wszystkich zbadanych miasteczek tylko dwa — Stalowa Wola i Sarzyna — mają cechy osiedli uprzemysłowionych, gdzie gospodarka

komunalna ustępuje pierwszeństwa gospodarce przemysłowej. W pozostałych ludność zaopatruje się w wodę głównie ze studni kopanych, a częściowo wierconych. Jest rzeczą zmienną, że podstawę zaopatrzenia stanowią wody podziemne. Nawet ujęcia wodociągowe w obrębie doliny Sanu, a więc w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki, czerpią z zasobów podziemnych. Wody rzeczne wykorzystywane są w nielicznych przypadkach, ale za to w dużych ilościach. Jeden z największych zakładów przemysłowych Niziny Sandomierskiej, jakim jest elektrownia w Stalowej Woli, pobiera z Sanu kilkadziesiąt razy więcej wody niż wynosi eksploatacja wód podziemnych na całym obszarze.

Celem zbadania, jaka relacja zachodzi pomiędzy ilością wody pobieranej ze złoża a jego zasilaniem, przeprowadzono obliczenie dla największego z miast położonego nad Sanem — Stalowej Woli\*. Zużywa ono największe ilości wody z powodu istniejącego tam dużego obiektu przemysłowego. Łączna eksploatacja z kilku ujęć wynosi około  $1000 \text{ m}^3/\text{godz}$ , czyli  $278 \text{ l/s}$ . Na podstawie przebiegu hydroizohips i spadków topograficznych wyznaczono powierzchniowy obszar zasilania. Obejmuje on  $32 \text{ km}^2$ . Pobór  $1000 \text{ m}^3/\text{godz}$ . odniesiony do tej powierzchni daje wartość  $8,7 \text{ l/s}$  z  $\text{km}^2$ , to znaczy o  $3,7 \text{ l/s}$  więcej niż wynosi odpływ jednostkowy północnej części Niziny Sandomierskiej. Można przeprowadzić jeszcze inną kalkulację.  $1000 \text{ m}^3$  wody pobieranej ze złoża co godzinę odpowiada wskaźnikowi  $274 \text{ mm}$  w skali rocznej. Opad normalny na tym terenie wynosi  $645 \text{ mm}$ , a parowanie ocenia się na około  $500 \text{ mm}$  (K. Dębski 1959). Zatem na spływ i infiltrację zostaje  $145 \text{ mm}$ . Wartość odpowiadająca  $274 \text{ mm}$  wody wydobywanej rocznie ze złoża jest wyższa o  $130 \text{ mm}$  od różnicy  $P-E$ . Mimo iż złoże oddaje więcej niż otrzymuje z zasilania atmosferycznego, obniżenie statycznego zwierciadła wody w rejonie ujęć wynosi, po kilkunastu latach funkcjonowania (1960—1973),  $2-4 \text{ m}$  na powierzchni około  $3 \text{ km}^2$ . W obszarze najstarszych ujęć w ciągu 20 lat, tzn. od 1936 do 1957 r., zwierciadło statyczne obniżyło się o około  $2 \text{ m}$ . Ze stwierdzenia tego wynika, że oddziaływanie ujęcia na stan zwierciadła jest nieduże zarówno co do intensywności, jak i rozległości. W rejonach innych miast położonych w dolinie pobór wody podziemnej odzwierciedla się znacznie słabiej.

Przyczyna leży oczywiście w cechach hydrogeologicznych rejonów nadrzecznych. Zawodnienie jest jednolite i dość głębokie, a ubytki w ujęciach są stale rekompensowane dostawą wody z górnych części doliny. Warunki filtracji są zmienne, ale na tyle dobre, że wydatki jednostkowe mieszczą się w granicach  $10-50 \text{ m}^3/\text{godz}$ .

\* Badania przeprowadzili S. Bartoszewski i Z. Michalczyk.

Inaczej wygląda sprawa na wysoczyznach ze względu na odmienne warunki litologiczne. Tutaj rozwój miast i fabryk ograniczony jest bardzo małą wydajnością wodonośca. Wystarczy nadmienić, że w Kolbuszowej, liczącej prawie 4000 mieszkańców, kontrolowane zużycie wody wynosi  $76 \text{ m}^3/\text{godz.}$ , a w Sokołowie Małopolskim o około 2500 mieszkańców tylko  $2 \text{ m}^3/\text{godz.}$  (W. Zwierzchowski, 1976). W większości przypadków na wysoczyznach wydajność jednostkowa sięga zaledwie  $5 \text{ m}^3/\text{godz.}$ , a często jest nawet mniejsza niż  $1 \text{ m}^3/\text{godz.}$  W takiej sytuacji na lokalne obniżanie się zwierciadła wpływa nie tylko pobór nawet małych ilości wody, lecz również osuszanie melioracyjne w rejonach zabudowy miejskiej. Wynika to z małej retencyjności podziemnej, jak również z płytkości występowania wody. Efektem jest spadek poziomu wody w studniach gospodarskich.

Inną konsekwencją tego stanu jest problem zanieczyszczania wód ściekami i zrzutami. Nawet małe ich ilości są bardzo uciążliwe dla drobnych strug, które w okresach niżówkowych prowadzą minimalne ilości wody. Zakazaniu i zatrucianiu ulegają również wody podziemne z powodu cienkiej lub bardzo cienkiej warstwy aeracji. Stwierdzono to analizując dane ze stacji prowadzącej stałą kontrolę czystości wód studziennych.

Odrębny problem, związany z istnieniem zakładów przemysłowych na Nizinie Sandomierskiej, stanowią emitowane gazy i pyły z centrów innych niż siarkowe. Najgroźniejsza jest elektrownia w Stalowej Woli, która w 1973 r. wydalala do atmosfery 4400 kg tlenków siarki na godzinę. Na drugim miejscu trzeba wymienić zakłady WSK w Mielcu —  $570 \text{ kg}/\text{godz.}$  W najbliższych latach przybędzie nowe poważne źródło zanieczyszczeń siarkowych atmosfery — elektrownia w Połańcu, dla której przewiduje się emisję  $\text{SO}_2$  w wysokości  $8600 \text{ kg}/\text{godz.}$  w 1980 r.

Rozwój przemysłu w specyficznych warunkach hydrologicznych Niziny Sandomierskiej stwarza niebezpieczeństwo zanieczyszczenia wód w stopniu utrudniającym korzystanie z nich dla celów pitnych. Zaspokojenie potrzeb komunalnych rysuje się jako sprawa o pierwszorzędym znaczeniu i pilności.

## 8. ZAGADNIENIA WODNE REJONU SIARKOWEGO

Odrębne zagadnienie stanowi wpływ górnictwa siarkowego na stosunki wodne. Po prawej stronie Wisły, w rejonie Machowa, eksploatację prowadzi się od 1958 r., zaś w Jeziórku, położonym kilkanaście kilometrów na wschód, od 1967 r. Okres jest już na tyle długi, że można podjąć próbę uchwycenia zmian, jakim uległo środowisko geograficzne.

Do opracowania posłużyły niepublikowane materiały udostępnione częściowo przez Wojewódzką Radę Narodową w Rzeszowie, częściowo



przez zarząd obiektów górniczych i przemysłowych zagłębia oraz wyniki kartowania w terenie.

Siarka zalega w trzeciorzędowych, silnie uszczelinionych wapieniach i marglach pod piaskami serii baranowskiej i iłami krakowieckimi. Złoże siarkonośne jest silnie zawodnione, co stanowi podstawowy problem zagłębia. Wody mają charakter naporowych i są zmineralizowane, słone, z dużą zawartością siarkowodoru (A. Majka-Smuszkiewicz 1969). Ciśnienie piezometryczne, spowodowane nadkładem wodoszczelnych iłów krakowieckich, wynosiło w Machowie przed późniejszymi zabiegami hydrotechnicznymi około 6 atm.

Zwierciadło wznosiło się po nawierceniu na wysokość 145 m npm. i ustalało się na głębokości 5—30 m; płycej w obrębie terasy zalewowej, głębiej pod terasą wysoką.

Wody czwartorzędowe nie wykazują żadnej więzi hydraulicznej z piętrzem trzeciorzędowym. Występują w jednym poziomie o swobodnym zwierciadle na głębokości 1—3 m. Zawodniona jest cała seria aż do stropu iłów mioceńskich, ale miąższość wodonośca jest zróżnicowana; na terasie nadzalewowej, gdzie ily podchodzą prawie pod powierzchnię topograficzną, nie przekracza 1 m, ku wschodowi wzrasta. W naturalnych warunkach w okresie wysokich stanów pobliska Wisła intensywnie zasila piaski czwartorzędowe.

Eksploatacja górnicza naruszyła reżim dynamiczny zarówno wód trzeciorzędowych, jak i czwartorzędowych, zmieniła również zakres wzajemnego oddziaływania na siebie wód rzecznych i gruntowych w dolinie.

Duże ciśnienie piezometryczne wód w utworach trzeciorzędowych na terenie kopalni „Machów” zlikwidowano drogą ciągłego odpompowywania wody ze studni głębinowych, stanowiących barierę wokół wyrobiska. W ciągu 1973 r. odpompowano 1500 m<sup>3</sup>/godz. Kilkuletnie intensywne odwadnianie doprowadziło do kilkudziesięciometrowego obniżenia zwierciadła. Powstał bardzo rozległy lej depresyjny o promieniu ocenianym szacunkowo na 11 km.

Odwadnianie utworów czwartorzędowych prowadzi się rowami otwartymi do Wisły oraz Trześniówki i uchodzącej do niej Mokrzychówki. Rowy rozcinają warstwę piaszczystą aż do spągu. Do Mokrzychówki woda odpływa grawitacyjnie, do Wisły jest przepompowywana. W 1973 r. odprowadzano w ten sposób 280 m<sup>3</sup>/godz. Mimo to zasięg zmian w stanie zwierciadła wokół odkrywki jest nieduży, dzięki położeniu wyrobiska w strefie podziemnego działu wodnego. Przenikanie wód rzecznych z Wisły udaremniono przez wybudowanie ekranu iłowo-betonowego, który sięga do stropu iłów i odcina w ten sposób napływ wód do odkrywki.

Z eksploatacją siarki i rozbudowanym przemysłem chemicznym Machowa wiążą się zmiany jakości wody. Zanieczyszczane są zarówno wody powierzchniowe, jak i podziemne. Sprawa ścieków odprowadzanych do rzek zostanie przedstawiona w innym rozdziale.

Głównym źródłem skażeń chemicznych są gazy i pyły, które wraz z opadem atmosferycznym dostają się na powierzchnię topograficzną, skąd częściowo drogą spływu docierają do cieków, a częściowo infiltrują w głąb.

Procesy technologiczne wydzielają do atmosfery dwu- i trójtlenek siarki, związki fluoru, siarkowodór, amoniak oraz pyły siarki z zakładu przeróbki siarki. Z wymienionych substancji najbardziej toksyczne są tlenki siarki. Według pomiarów w 1973 r. udział ich w ogólnej emisji wynosił 97,7%, a w 1974 r. 98,4%.

W pierwszym 10-leciu działalności zakładów emisja była bardzo duża i prawie niekontrolowana. Jeszcze w 1972 r. przez wysokie kominy kombinatu uchodziło w powietrze 4562 kg/godz. tlenków siarki ( $\text{SO}_2 + \text{SO}_3$ ), powodując kilkakrotne przekraczanie dopuszczalnego stężenia, które dla  $\text{SO}_2$  wynosi 0,9 mg/m<sup>3</sup>, a dla  $\text{SO}_3$  — 0,3 mg/m<sup>3</sup>. Maksymalne stężenie dochodziło do 4 mg/m<sup>3</sup>. Według wskazań Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej granicę obszaru uciążliwości wyznacza izolinia 0,5%. Jest to wartość częstotliwości przekraczania dopuszczalnych stężeń jednorazowych trwających 20 minut. Obszar wewnątrz tej izoliny granicznej sięgał w 1972 r. na odległość od czterech do kilkunastu kilometrów od kombinatu, obejmując około 400 km<sup>2</sup>.

W 1973 r. emisja tlenków uległa zmniejszeniu. Izarytma 0,5% wyznaczona dla ilości przewidywanej, równej 1914,7 kg/godz., objęła obszar około 110 km<sup>2</sup>. W rzeczywistości jednak zakłady emitowały znacznie więcej, bo 3121,7 kg/godz. (wg pomiarów prowadzonych przez kombinat).

W 1974 r. łączna ilość wydalanego dwu- i trójtlenku siarki zmalała do 2098,9 kg/godz. (wg pomiarów prowadzonych przez kombinat) wskutek dalszej modernizacji zakładów i zmian technologicznych produkcji.

W bezpośrednim sąsiedztwie zakładów produkcyjnych, gdzie koncentracja zanieczyszczeń atmosfery jest największa, poważnym dodatkowym źródłem skażeń są stawy osadowe odpadów poflotacyjnych założone w dolinie Trześniówki, której koryto na tym odcinku przesunięto na zachód i zbliżono do Mokrzychówki. Mimo ogólnego spadku zwierciadła wody gruntowej ku rzece, przesiąkanie ze stawów odbywa się również w kierunku przeciwnym wskutek wypełniania zbiorników otoczonych groblami do poziomu wyższego o 3 m od poziomu terenu. Pod bezpośrednim wpływem osadników pozostają wody gruntowe na terenie wsi Cygany, położonej na południe od stawów.

Użytkowanie osadnika rozpoczęto w listopadzie 1969 r. W 1974 r. odprowadzano do niego materiały poflotacyjne w stanie płynnym w ilości 1800 m<sup>3</sup>/godz., zawierające m. in. około 3% siarki rodzimej. Przewiduje się, że w przyszłości będzie się wprowadzać do osadników do 3500 m<sup>3</sup> odpadów na godzinę.

Miejscowości: Ocice, Cygany, Ślężaki, Dąbrowica — skąd pobierane

próby wykazują, że sucha pozostałość przekracza normę dla wód pitnych, tj. 500 mg/l — leżą na skraju obszaru o powierzchni około 40 km<sup>2</sup>. Mniej więcej w środku tego rejonu znajduje się wieś Chmielów. Graniczna wartość mineralizacji, wynosząca 500 mg/l w 1974 r., była tu przekraczana w 97<sup>0</sup>/<sub>0</sub> studni, a w 15<sup>0</sup>/<sub>0</sub> sucha pozostałość wynosiła ponad 2500 mg/l. Stopień pogarszania się jakości wód gruntowych w ciągu 5-lecia 1969—1974 ilustruje wzrost twardości niewęglanowej w kilku badanych studniach z 22,8<sup>o</sup>n. do 30,5<sup>o</sup>n. w Chmielowie i z 11,6<sup>o</sup>n. do 38,5<sup>o</sup>n. w Ocicach. W normie, której górna granica wynosi 20<sup>o</sup>n., mieści się tylko 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> studni.

Obszar, w którego obrębie leżą Chmielów, Ocice i Cygany, stanowi centrum największej częstotliwości przekraczania dopuszczalnych stężeń tlenków siarki, siarkowodoru i związków fluorowych. Podany zasięg około 40 km<sup>2</sup> należy uważać za minimalny. Faktycznie jest on z pewnością dużo większy, ale nie ma danych hydrochemicznych, którymi można by to udokumentować. Badania podejmuje się bowiem tylko w przypadku ciągłych i licznych skarg użytkowników studni.

Inne problemy i inny zakres zmian stwierdzono w rejonie Jeziórka. Ogólna powierzchnia obszaru zagospodarowania górniczego wynosi około 25 km<sup>2</sup>. Rozciąga się on w kierunku równoleżnikowym na przestrzeni ponad 6,5 km, w południkowym — do 4,5 km. Przez pole górnicze przebiega dział wodny Żupawka—Trześniówka.

Technologia wydobywania surowca jest tutaj inna niż w Machowie. Stosuje się tzw. metodę otworową, która polega na wytapianiu siarki in situ za pomocą wody o temperaturze około 100°C, wtłaczanej pod ciśnieniem. Ubytek masy w złożu wraz z termicznym oddziaływaniem wtłaczanej wody powoduje, iż plastyczne ily krakowieckie i leżące na nich utwory czwartorzędowe osiadają, a powierzchnia topograficzna ulega deformacjom; tworzą się obniżenia, które w 1972 r. dochodziły do 2,9 m w stosunku do stanu pierwotnego, w końcu zaś 1974 r. do ponad 4 m.

Bezpośrednią konsekwencją tego zjawiska są zmiany hydrologiczne. Zmieniają się kierunki spływu wód opadowych, tereny osiadania są zatapiane wodami gruntowymi lub zalewane wodami cieków. Lokalne nadmiary wód odpompowuje się lub odprowadza rowami, co z kolei powoduje obniżanie zwierciadła wody gruntowej i nadmierne przesuszenie gleb głównie w strefie wzniesień wododziałowych, gdzie w okresie poprzedzającym eksploatację zwierciadło było na głębokości około 3 m.

Niezależnie od tych zmian, które są następstwem deformacji powierzchni, poziom zwierciadła wody gruntowej zmienia się pod wpływem samego procesu wytapiania siarki, przy którym operuje się znacznymi ilościami wody. Wahania zwierciadła na polach eksploatacyjnych są duże; w jednych miejscach notuje się wzrost stanów, w innych obniżenie.

Rytm zmian zależy przede wszystkim od przebiegu produkcji. W kształcie krzywej stanów nie zauważa się żadnej trwałej, jednokierunkowej tendencji.

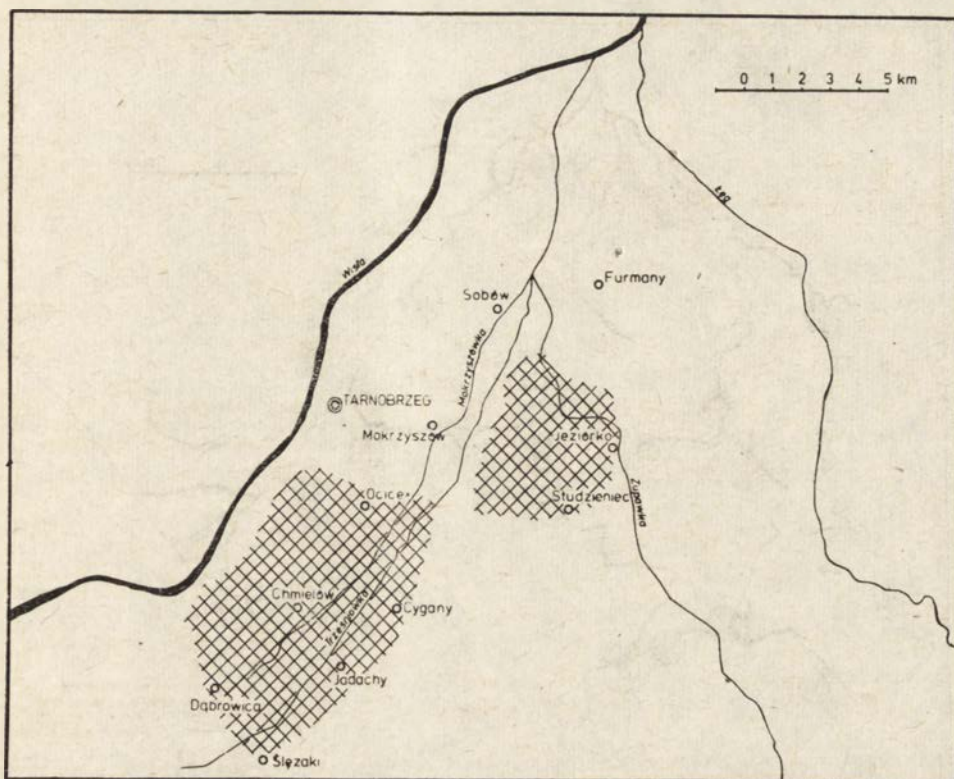
Do 1970 r. systemem studni czerpano w Jeziórku wodę czwartorzędową do celów technologicznych i ogrzewczych. Od 1969 r. uruchomiono ujęcie, które dostarcza wody dla potrzeb górniczych Jeziórka oraz komunalnych Tarnobrzega. Całkowity pobór wody w ilości 285 m<sup>3</sup>/godz. spowodował obniżenie zwierciadła statycznego prawie o 5 m przy promieniu leja ponad 2 km. Powierzchnia depresji jest na tyle rozległa, że obejmuje czynne pola górnicze Jeziórka, komplikując obraz wahań wody gruntowej.

Zmiany chemizmu wody podziemnej w rejonie Jeziórka są powodowane głównie erupcjami wód złożowych i przenikaniem przez glebę produktów siarkowych rozmywanych wodą opadową. Wody infiltrujące ulegają wzbogaceniu w jony w wyniku oddziaływania kwasu siarkowego na tworzywo mineralne gleby. Stopień skażenia jest różny i zmienny w czasie. Wody są bardzo kwaśne (pH 2,8—4,9) i silnie zmineralizowane (800—2700 mg/l). Największą mineralizację wykazują wody gromadzące się w dnach zapadlisk. Wskutek osiadania gruntu awariom ulegają systemy rur, którymi tłoczy się wodę do złoża i wyprowadza wyekstrahowaną siarkę. To powoduje wlewy zsiarczonych wód do zawodnionych piasków czwartorzędowych. Obszar objęty zmianami reżimu chemicznego ogranicza się zasadniczo do obszaru górniczego, ponieważ w Jeziórku nie ma zakładów przetwórczych. Niemniej stwierdzono ostatnio skażenia siarkowe w wodzie pitnej i dlatego obecnie przekazuje się do eksploatacji nowe ujęcie, usytuowane około 700 m na południe od poprzedniego. Obszar, w którym występują udokumentowane analizami chemicznymi skażenia wód podziemnych związkami siarki, przedstawiono na mapie (ryc. 12).

## 9. ZANIECZYSZCZENIA WÓD POWIERZCHNIOWYCH I PODZIEMNYCH W BYŁYM WOJEWÓDZTWIE RZESZOWSKIM

Gospodarka miejsko-przemysłowa i górnicza nie tylko narusza reżim dynamiczny wód podziemnych i powierzchniowych, lecz również, a może przede wszystkim, zakłóca ich ustrój chemiczno-fizyczny poprzez ścieki rzucane do rzek oraz przenikające do płytkich wód gruntowych.

Badany rejon Niziny Sandomierskiej obejmuje dolne odcinki głównych rzek, które prowadzą wody mniej lub bardziej zanieczyszczone z okręgów miejskich i przemysłowych Pogórza. Zarówno ten fakt jak i to, że całe prawie dorzecze Sanu i Wisłoki znajduje się w obrębie byłego województwa rzeszowskiego, przemawia za koniecznością przed-

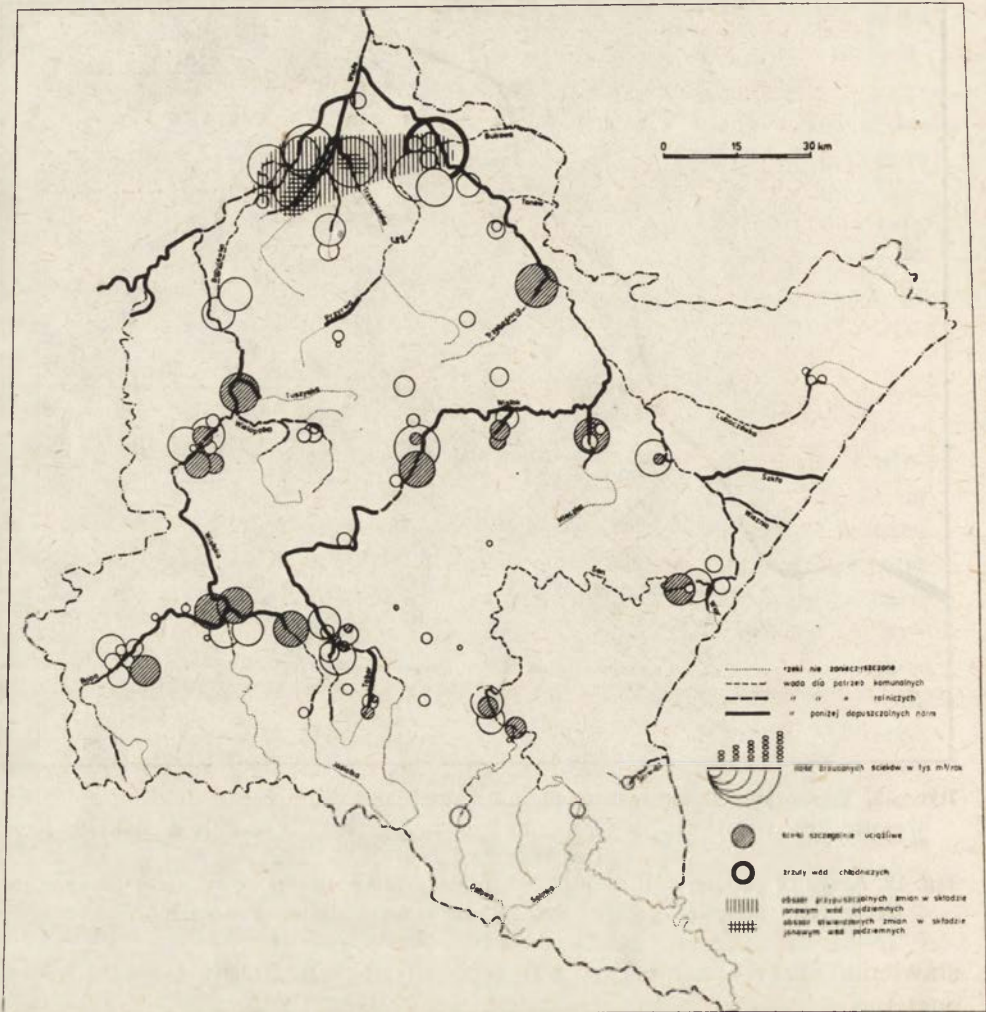


Ryc. 12. Obszary z udokumentowanymi skażeniami wód podziemnych związkami siarki (na podstawie danych udostępnionych przez Kopalnię i Zakłady Przetwórstwa Siarki)

Fig. 12. Areas of proven pollution of the underground waters by sulphur compounds (from data supplied by Sulphur Works and Sulphur Processing Plant)

stawienia sprawy zanieczyszczeń wód płynących Niziny na tle województwa.

Materiał, na jakim oparto opracowanie, jest szczupły i niejednorodny. Jeszcze w latach sześćdziesiątych pomiary zanieczyszczeń wykonywano punktowo na głównych rzekach tylko raz na kwartał. Od 1971 r. system kontroli wód uległ zmianie. Próbkę pobiera się co miesiąc w wybranych stałych profilach, co daje w wyniku 12 analiz na rok, charakteryzujących stan czystości danej rzeki. Po upływie roku przerywa się ciągłość badań, a kontrolą obejmuje się inną rzekę. I tak na przykład wody Wisłoki były badane w ciągu 1971 r., Sanu — w 1972, a Wisłoka — w 1973 r. W ten sposób każda rzeka jest objęta badaniami co trzeci rok. Na początku 1975 r. dla ważniejszych cieków byłego województwa mamy do dyspozycji tylko pojedyncze, całoroczne serie analiz, które nie spełniają warunków równoczesności pomiarów, a z konieczności muszą stanowić podstawę do przestrzennej oceny zjawiska.



Ryc. 13. Zanieczyszczenie wód w byłym województwie rzeszowskim — oprac. Z. Michalczyk

Fig. 13. Water pollution in former Rzeszów Voivodeship

Stopień zanieczyszczenia rzeki zależy nie tylko od ilości ścieków, lecz również od ładunku zanieczyszczeń i od wielkości przepływu bardzo znacznie zmieniającego się w czasie. Podczas poboru próbek nie mierzy się przepływu, lecz tylko podaje się orientacyjny stan według najbliższego wodowskazu. Opracowania pomiarów hydrometrycznych wydawane przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (b. PIHM) publikowane są z dużym opóźnieniem (najnowszy rocznik dotyczy 1970 r.), nie ma więc możliwości podania rzeczywistego stanu zanieczyszczeń, jaki istniał w rzekach byłego województwa rzeszowskiego w latach 1971—1973.

Mimo wykazanych niedostatków w zakresie posiadanych materiałów uzyskano orientacyjny obraz stanu czystości wód (ryc. 13). Najgorzej wyglądają rzeki rejonu Gorlice—Jasło—Krosno. Dolne odcinki Ropy i Jasiołki, dopływów Wisłoki, oraz Lubatówki i Tabora, uchodzących do Wisłoka, prowadzą wody o zanieczyszczeniu przekraczającym dopuszczalne normy. To samo dotyczy Wisłoki i Wisłoka na długości kilkudziesięciu kilometrów poniżej ujść zanieczyszczających dopływów. Wody nadmiernie zanieczyszczone prowadzi także Wisłok od Przeworska do ujścia, Wisłoka wraz z dolnym odcinkiem Tuszynki w rejonie Dębicy, ujściowy odcinek Trzebošnicy, do której odprowadza się ścieki z zakładów chemicznych w Sarzynie w takich ilościach i o takiej toksyczności, że z ich powodu wody Sanu aż po ujście należą do klasy o przekroczonych normach zanieczyszczenia. Kanałem ściekowym jest już większa część Mokrzyszówki wraz z dolną Trześniówką odwadniającą rejon siarkowy. Do najniższej kategorii kwalifikowało się w 1972 r. ponad 90% kontrolowanej długości Sanu, a jeszcze w 1971 r. 34,40% długości Wisłoka (*Ochrona środowiska*, 1972).

Wielkość przypuszczalnej koncentracji substancji zanieczyszczających w okresach niżówkowych wykazano zestawiając średnioroczny przepływ ścieków, wyliczony z bezwzględnych ilości zrzutów odprowadzanych z poszczególnych zlewni, z objętością średniego niskiego przepływu w odnośnych profilach hydrometrycznych. Wykorzystano do tego celu dane hydrologiczne dla 10-lecia 1951—1960 (*Przepływy charakterystyczne rzek polskich*, 1967). Wody, które przeszły przez procesy technologiczne i zostały odprowadzone do rzek w rejonie Gorlice—Jasło—Krosno, odpowiadają około 30% objętości przepływu przy średniej niskiej wodzie. W Radomyślu na Sanie, w analogicznych warunkach hydrologicznych poniżej Stalowej Woli, wody wykorzystywane gospodarczo stanowią około 50%, a w Sandomierzu na Wiśle około 80%, przy czym tutaj na województwo rzeszowskie przypada niewiele, bo około 6%. Resztę niesie Wisła z rejonów położonych powyżej. Podczas najniższych stanów zrzuty przemysłowe i komunalne wynoszą tyle, co przepływ Wisły.

W tym miejscu należy wspomnieć o wpływie, jaki wywiera na wody Wisły tarnobrzeski okręg górniczy. Do Mokrzyszówki, której średni niski przepływ przed przyjęciem zrzutów wynosi 50 l/s, odprowadza się prze-

ciętnie w ciągu każdej sekundy 1200 l ścieków. Całkowity ładunek zrzutów odpływających bezpośrednio do Wisły oraz za pośrednictwem Mokrzyszówki z całego zagłębia wraz z lewobrzeżnym Piasecznem wynosił w 1973 r. 86 mln m<sup>3</sup>. Ocenia się (wg danych z dokumentacji), że ilość taka wpływa na chemizm wód wiślanych w następujący sposób: ilość chlorków wzrasta o 6<sup>0</sup>%, siarczanów o 18<sup>0</sup>%, zawiesiny ogółem 10<sup>0</sup>%, a wielkość BZT<sub>5</sub> o 15<sup>0</sup>%.

Ilości te według wspomnianej opinii nie zmieniają klasy czystości Wisły poniżej obiektów siarkowych.

Zagrożenie rzek wzrasta z roku na rok wraz z rozwojem produkcji przemysłowej dotychczasowych zakładów i powstawaniem nowych fabryk. Wyrazem tego jest stałe zwiększanie długości strug wodnych objętych systematyczną kontrolą. W 1960 r. ogólna ich długość wynosiła 1050 km, w 1965 — 1130 km, w 1970 — 1390 km. Obecnie pod kontrolą jest ponad 10<sup>0</sup>% rzek byłego województwa. W ciągu 10-letnia 1960—1970 odsetek cieków o zanieczyszczeniu przekraczającym dopuszczalne normy wzrósł z 2,7 do 24,0. Równocześnie długość kontrolowanych rzek nie zanieczyszczonych zmalała z 69 do 44<sup>0</sup>%.

Pośród małych rzek Kotliny Sandomierskiej istnieją takie, których stanu czystości nie bada się, ponieważ ani miasta, ani zakłady przemysłowe położone w ich sąsiedztwie nie mają odpowiedniej rangi. Podczas kartowania terenowego stwierdzono, że te drobne strugi wodne są bardzo silnie zanieczyszczone, zwłaszcza w okresach letnich niżówek. Dotyczy to na przykład potoku o nazwie Szlachcianka, który płynie nieopodal Głogowa Małopolskiego, Jagody w Leżajsku, Rudni w Rudniku, Strugi w Ulanowie. Cieki te prowadzą na tyle mało wody, że nawet nieduże ilości zrzutów są dla nich bardzo groźne.

Znacznie mniej wiemy na temat zanieczyszczenia wód podziemnych. W regionie, w którym powszechnie zwierciadło wody podziemnej waha się na głębokości około 2 m, istnieje duże niebezpieczeństwo przenikania różnego rodzaju zanieczyszczeń do warstwy wodonośnej. Problem ten występuje we wszystkich miastach i osiedlach, jakie objęto badaniami. Zupełny lub częściowy brak kanalizacji i na wpół rolniczy charakter skupisk miejskich sprawia, że woda studzienna z reguły nie nadaje się do spożycia bez przegotowania, a wodociągowa musi być chlorowana. Gospodarka ściekowa jest wszędzie na niskim poziomie. W rejonie zakładów w Sarzynie zdarzają się zatrucia wód podziemnych chemikaliami. W okresie zdjęcia hydrograficznego w listopadzie 1973 r. wiele studni było zatrutych fenolem i zakłady były zobowiązane do zaopatrywania ludności w wodę z własnego głębokiego ujęcia.

Po wsiach oprócz tego, że studnie z racji swej płytkości z reguły dostarczają wody dyskwalifikowanej przez Stację Sanitarno-Epidemiologiczną\*, poważnym zagrożeniem dla wód podziemnych są duże ilości

\* Dyskwalifikuje się studnie do 6 m głębokości.



nawozów sztucznych składanych przy gospodarstwach i rozmywanych przez deszcze.

Na terenie zagłębia siarkowego, w obrębie kopalni „Jeziórko”, w wyniku stosowania metody otworowej wody z utworów trzeciorzędowych dostają się do wód w czwartorzędzie zmieniając ich skład chemiczny. Największy stwierdzony obszar tych zmian wynosił dotychczas około 8 km<sup>2</sup> (wg danych z dokumentacji). Mineralizacja ogólna wód wzrasta tu kilkakrotnie, dochodząc do 1000 mg/l. Zmieniony skład jonowy wody obserwuje się na aktualnie eksploatowanych polach górniczych. Po zakończeniu wydobycia woda zaczyna się wysładzać. Zjawisko jest więc przejściowe.

Zrzuty komunalne i przemysłowe powodują zmiany nie tylko chemizmu wód płynących, lecz również ich cech fizycznych, z których na pierwszym miejscu należy wymienić temperaturę. Stwierdzenie, jaki wpływ wywiera działalność gospodarcza, jest bardzo trudne z wielu względów. Pierwszą trudność stanowi mała liczba stacji, w których prowadzi się stałe obserwacje temperatury. Jest ich na całym terenie byłego województwa tylko 11. Dla większości, bo dla 8, dane sięgają zaledwie 1958 r., pozostałe 3 zaczęły funkcjonować jeszcze kilka lat później. Nie wiadomo też, w jakim miejscu biegu rzeki w stosunku do głównej masy odprowadzanych zrzutów dokonuje się pomiaru temperatury.

Wzrost temperatury wody powodowany dopływem związków chemicznych jest wielkością bardzo zmienną, zależy bowiem od ilości i charakteru chemikaliów, od ich wzajemnego oddziaływania na siebie w środowisku wodnym (reakcje endo- i egzotermiczne), od wielkości przepływu, który warunkuje stężenie roztworu, wreszcie od temperatury powietrza, kształtującej naturalny reżim termiczny rzeki. Sprawę komplikuje wreszcie fakt, że rzeki, które płyną spoza badanego regionu, niosą wody zanieczyszczone, a więc już nieco podgrzane w okęgach przemysłowych położonych powyżej Niziny Sandomierskiej.

W tej sytuacji ograniczono się do przeanalizowania stosunków zlodzenia rzek wychodząc z założenia, że zachwianie naturalnej termiki rzeki odbija się na trwałości i grubości pokrywy lodowej. Punktów, gdzie obserwuje się zjawiska lodowe od 1961 r. jest znacznie więcej, bo 32. Analiza samej tylko trwałości pokrywy lodowej przy danych warunkach temperatury powietrza potwierdza to, co dają badania chemizmu wody rzecznej. Największym obszarem, na którym występują zakłócenia w procesach marznięcia wody, jest rejon Gorlice—Jasło. Na Wisłocę w Krajowicach oraz na jej dopływach: Ropie w Klęczanach, Jasiołce w Jasle i Grabince w Grabinach, czas zupełnego zamarzenia rzeki jest znacznie krótszy niż na innych odcinkach tych samych rzek lub na innych strugach wodnych. W ciągu 10-lecia 1961—1970 były zimy, kiedy w wymienionych profilach zupełnie nie wytworzyła się stała pokrywa mimo sprzyjających warunków klimatycznych. Z dopływów

Wisłoki na uwagę zasługuje Wielopolka w Brzeźnicy. W ciągu 10 lat zamarzła tylko podczas „zimy stulecia” 1963 r. na 39 dni i w 1964 r. na 6 dni. Wisłok w Tryńczy mimo wysokiego stopnia zanieczyszczenia zamarza rokrocznie, ale trwałość pokrywy jest znacznie mniejsza niż w innych przekrojach. Najsilniej zakłócony reżim termiczny wykazuje dolny odcinek Mleczy, prawego dopływu Wisłoka (profil Gorliczyna), oraz Trzebośnica w Sarzynie. W obu przypadkach przez cały okres 1961—1970 nie tylko nie doszło do zamarznięcia rzek, ale ani razu nie odnotowano żadnych innych zjawisk lodowych.

Odrębny problem stanowi San poniżej Stalowej Woli. Na podwyższenie temperatury w rzece wpływają nie substancje chemiczne, jak we wszystkich powyżej omówionych przypadkach, lecz wody chłodnicze z elektrowni. W latach 1967—1968, kiedy prowadzono systematyczne badania reżimu termicznego Sanu poniżej zrzutu podgrzanych wód, stwierdzono (A. Dobrowolski 1971), że długość odcinka rzeki objętego ich wpływem wynosiła 26 km, sięgając tym samym niemal ujścia Sanu do Wisły. Stopień podgrzania wody w Stalowej Woli przewyższa wartości spotykane w innych elektrowniach. Wzrost wynosi 9,9—20,5°C ponad temperaturę naturalną podczas średnich i niskich przepływów w rzece (125—25 m<sup>3</sup>/s). Pomędzy profilem, w którym rzeka otrzymuje porcję podgrzanych wód, wynoszącą 6—49% wielkości przepływu, a stacją pomiarową PIHM w Radomyślu wpada do Sanu Bukowa, która poważnie go zasila i ochładza, odwadniając obszar o powierzchni 717 km<sup>2</sup>. Mimo to średnie temperatury roczne i sezonowe w Radomyślu są wyraźnie wyższe niż w Harasiukach na Tanwi, odległych o 35 km. W ciągu 10-lecia 1961—1970 średnia roczna była wyższa o 1,7°C, średnia zimy o 0,8°C, a średnia lata o 3,2°C. Oczywiście z roku na rok wartości różnic są niejednakowe, zależą bowiem od ilości zrzutów, wielkości przepływu rzeczno-ego oraz temperatury wód powyżej Stalowej Woli. Jak wiadomo, San od ujścia Trzebośnicy prowadzi wody bardzo silnie zanieczyszczone, a tym samym podgrzane. Skrajne wartości różnic między Radomyślem a Harasiukami w okresie badanego 10-lecia przedstawia tabela 7.

Złodzenie Sanu poniżej Stalowej Woli podlega silnym zakłóceniom. W ciągu 13 lat 1958—1970 rzeka zamarzła w całym profilu 7 razy na przeciąg 1—4 dni. Jedynie zimą 1960 i 1963 r. stała pokrywa pojawiała

Tabela 7

Skrajne wartości różnic temperatury wody rzecznej w Sanie między Radomyślem i Harasiukami

Średnia	Różnica maksymalna		Różnica minimalna	
	rok	°C	rok	°C
roku	1959	1,6	1963	0,7
zimy	1962	2,2	1965	0,0
lata	1961	5,6	1960	0,8

się dwukrotnie, trwając łącznie w jednym roku przez 10, a w drugim przez 12 dni.

## UWAGI KOŃCOWE

Dokonany przegląd zmian hydrologicznych na Nizinie Sandomierskiej pod wpływem gospodarki nie dostarcza materiału łatwego do uogólnień i do wyciągania wniosków natury praktycznej. Jak podkreślono we wstępie, zróżnicowane formy oddziaływania człowieka na hydrosferę dają w zależności od charakteru środowiska efekty różnorakie, trudne do jednoznacznej oceny, zwłaszcza że kryteria ocen podejmowanych z pozycji poszczególnych gałęzi gospodarki czy potrzeb społecznych nie pokrywają się ze sobą. Tym bardziej jednak niezbędne wydaje się ujęcie zagadnień nie wycinkowe, a ogólnoprzyrodnicze. Bez niego bowiem nie można spełnić jednego z podstawowych postulatów racjonalnej gospodarki wodnej, jakim jest ochrona przed niekorzystnymi przekształceniami stosunków wodnych i ochrona całego środowiska geograficznego. Dlatego podjęto próbę pewnego usystematyzowania zarejestrowanych zmian hydrologicznych i określenia ich roli w środowisku.

Kryteria porządkowania mogą być rozmaite. Biorąc pod uwagę zasięg wpływu można wyróżnić zmiany:

- a) regionalne, występujące na tyle powszechnie, że są charakterystyczne dla całego badanego obszaru;
- b) lokalne, których występowanie ogranicza się do określonych wycinków terenu, rozmaitej zresztą wielkości;
- c) strefowe, związane wyłącznie z dolinami rzek.

Podział w pewnym stopniu ma charakter umowny, jest jednak dogodny ze względów praktycznych.

Do regionalnych należą zmiany spowodowane melioracjami wodnymi — podstawowymi i szczegółowymi. Istnieje wprawdzie na Nizinie Sandomierskiej wiele obszarów, gdzie nie przeprowadzono prac melioracyjnych, ale ogromne tereny zostały zmeliorowane i nie ulega wątpliwości, że zabiegi te zmieniły stosunki wodne regionu jako całości.

Najbardziej dostrzegalną cechą tych przekształceń jest znaczny wzrost linii odpływu powierzchniowego i zmniejszenie zasięgu terenów stale podmokłych. Przez ograniczenie retencji powierzchniowej w mokradłach i ułatwienie odpływu nastąpiło zwiększenie i przyspieszenie spływu powierzchniowego w okresie roztopów wiosennych i po obfitych deszczach. Nacięcie rowami płytkich poziomów wodonośnych doprowadziło też do zmniejszenia retencji podziemnej. Zwierciadło wód gruntowych uległo obniżeniu, a amplituda zmian rocznych wzrosła na skutek obniżenia stanów minimalnych. Wody podziemne są obecnie intensywniej drenowane, co prowadzi do osłabienia odpływu w okresach posusznych, a w nie-

których terenach nawet do okresowego jego zaniku. Efektem melioracji jest więc wzrost nieregularności przepływu małych rzek, które odprowadzają więcej wody niż niegdyś w okresie wiosny, natomiast w czasie niozówek są w wodę uboższe lub nawet wysychają.

Wymienione konsekwencje zaznaczają się z różnym nasileniem, zależnie od właściwości środowiska geograficznego. Wyraźne różnice występują między Równiną Rozwadowską a Wysoczyzną Kolbuszowską. W równinnym regionie północnym prace melioracyjne są znacznie powszechniejsze niż w obrębie wzniesień południowych i zmiany w krajobrazie są tam bardziej widoczne. Jednakże wpływ na reżim dynamiczny wód podziemnych i powierzchniowych zaznaczył się dobitniej w regionie południowym. Przy stosunkowo dużych spadkach terenu i bardzo małej retencyjności podłoża, melioracje doprowadziły do silnego osuszenia Wysoczyzny Kolbuszowskiej.

Wykonane badania prowadzą do dwóch stwierdzeń, z których należałoby wyciągnąć praktyczne wnioski. Po pierwsze, melioracje Kotliny Sandomierskiej w istotny sposób wpłynęły na obieg wody i na stosunki wodne. Po drugie, naturalne warunki środowiska zdecydowały o charakterze tego wpływu, co sprawia, że przyrodnicze efekty zabiegów są różnorakie. Nie wszystkie zmiany mogą być ocenione pozytywnie, nawet z rolniczego punktu widzenia. Odwodnienie niektórych gleb piaszczystych, czarnych ziem i gleb hydrogenicznych przynosi znaczne nawet obniżenie ich urodzajności i obniżenie klas bonitacyjnych (J. Siuta *et al.* 1971). W regionie, gdzie dominują grunty piaszczyste, a utwory organogeniczne zajmują duże przestrzenie, melioracje odwadniające prowadzone na tak wielką skalę (w powiecie mieleckim stan zmeliorowania użytków rolnych wynosił wg danych na 1 I 1969 r. 86% ich powierzchni) musiały doprowadzić do zwiększenia zasięgu gleb stale lub okresowo nadmiernie suchych.

Obserwowana dziś sytuacja jest wynikiem działalności melioracyjnej prowadzonej od wielu dziesiątków lat. W tym długim okresie czasu ulegały ewolucji teoretyczne podstawy melioracji, a co za tym idzie, zmieniała się — znacznie wolniej i oporniej — i praktyka melioracyjna. Dawne metody, oceniane dziś bardzo krytycznie, ograniczające działanie do usuwania nadmiaru wody, zastąpione zostały przez nowe, mające na celu regulowanie stosunków wodnych w glebie.

Negatywnych następstw nie można jednak kłaść wyłącznie na karb zarzuconych już metod działania. Zastosowanie w praktyce nowego podejścia nie zawsze się udaje. Nierzadko prace melioracyjne kończą się na pierwszej fazie, to znaczy na odwodnieniu terenu. Zresztą nawet pełne i poprawne wykonanie przewidzianych robót nie gwarantuje jeszcze pozytywnych rezultatów, które zależą nie tylko od budowy urządzeń nawadniających, ale również od ich użytkowania i konserwacji całego sy-

stemu melioracyjnego, co nie zawsze odbywa się zgodnie z założeniami.

Tak więc negatywne rezultaty melioracji przypisać trzeba zarówno fałszywym założeniom wyjściowym dawnych prac, jak i wadliwemu wykonawstwu robót współczesnych i niedomogom eksploatacji urządzeń. Wszystko to trzeba brać pod uwagę oceniając wpływ melioracji. Podkreślić jednak należy, że również w analizach przedmelioracyjnych winna być uwzględniona możliwość ujemnych efektów w wyniku błędów czy zaniedbań zarówno na etapie wykonywania, jak i użytkowania urządzeń melioracyjnych.

Z punktu widzenia gospodarki wodnej ważnym zagadnieniem jest jeszcze to, że tereny wyposażone w urządzenia odwadniająco-nawadniające odznaczają się wzmogoną konsumpcją wody. Wynika to nie tylko z intensyfikacji rolnictwa, ale i ze wzrostu powierzchni gleb nadmiernie suchych, które muszą otrzymywać dodatkowe ilości wody.

Biorąc pod uwagę wpływ melioracji na obieg wody trzeba uznać, że celowość podejmowania prac melioracyjnych nie może być uzasadniona wyłącznie potrzebą regulacji stosunków wodnych w glebie. Wyniki badań w Kotlinie Sandomierskiej dostarczają argumentu dla tezy o konieczności traktowania melioracji jako ważnego czynnika przekształceń środowiska geograficznego. Wskazuje to na potrzebę wielkiej ostrożności w postępowaniu. Pytanie „Jak meliorować?” winno ustępować pierwszeństwa pytaniu „Czy meliorować?” Decyzję o podejmowaniu robót melioracyjnych należałoby uzależniać od wyników analizy nie tylko właściwości środowiska glebowego, ale i całokształtu stosunków wodnych pod kątem widzenia spodziewanych przemian w obiegu wody i w całym środowisku geograficznym.

Wysoczyzna Kolbuszowska dostarcza dobitnych przykładów niecelowości, a nawet szkodliwości zabiegów melioracyjnych. Przed gospodarką wodną tego regionu stoi obecnie trudne zadanie naprawy wyrządzonych szkód i zapewnienia wody dla obecnych i przyszłych potrzeb nie tylko w rolnictwie. Koniecznością staje się retencjonowanie możliwie dużych ilości wody odpływającej bezużytecznie w okresie nadmiarów. W przyszłości nieuniknione zapewne okażą się — zwłaszcza ze względu na potrzeby komunalne — przerzuty wód z obszaru Karpat oraz chwytywanie wód opadowych.

Zmiany o zasięgu lokalnym wywołane są różnymi przyczynami i mają różny charakter. Poważne przekształcenia stosunków wodnych występują na terenach eksploatacji siarki. Zależą one w dużej mierze od sposobu wydobycia surowca. W rejonie Machowa zaburzenia w dynamice wód podziemnych obejmują rozległy obszar, ale dotyczą głównie wód w utworach trzeciorzędowych. Dzięki izolacji piętra trzeciorzędowego naruszenie jego reżimu dynamicznego nie odbija się na razie w sposób widoczny na płytkich wodach czwartorzędowych. Bezpośredni zaś wpływ

wydobycia siarki na wody gruntowe jest nieduży, gdyż kopalnia leży w strefie podziemnego działu wodnego.

Znacznie groźniejsze są zmiany jakości wody podziemnej wywołane skażeniami chemicznymi. Związki siarki przedostają się do poziomu wodonośnego z osadników i z atmosfery wraz z infiltrującą wodą deszczową. Rozprzestrzenienie zmian nie jest rozpoznane z dostateczną dokładnością. Można przypuszczać, że zaznaczają się one w obszarze o powierzchni kilkuset km<sup>2</sup>, a strefa zmian uciążliwych obejmuje kilkadziesiąt, a może nawet ponad 100 km<sup>2</sup>. Mimo ulepszeń technicznych, jakie wprowadzono w zakładach celem zmniejszenia emisji związków siarki, stan jakości wód gruntowych uległ w okresie badań pogorszeniu. Z uwagi na przekroczenie normy dla wód pitnych w wielu studniach gospodarskich i perspektywy dalszego wzrostu zanieczyszczeń, generalnego rozwiązania wymaga sprawa zaopatrzenia w wodę ludności wiejskiej.

Zmiany w rejonie Jeziórka występują na mniejszym obszarze, gdyż nie ma tu zakładów przetwórczych emitujących zanieczyszczenia do atmosfery. Jednakże metoda wydobycia siarki wywołuje silniejsze zmiany niż w rejonie Machowa w dynamice oraz w chemizmie wód gruntowych. Powoduje też znaczne przekształcenia w stosunkach hydrograficznych powierzchniowych. Krótki okres eksploatacji nie pozwala na stwierdzenie, czy zachodzące zjawiska mają charakter przejściowy, czy trwałe. Dotychczasowe doświadczenia wskazują na duże niebezpieczeństwo silnego zanieczyszczenia wód gruntowych przez wodę złożową w wyniku jej erupcji, spowodowanego samą metodą wydobycia i wlewania się zasiarzonej wody do poziomu czwartorzędowego przy awariach urządzeń eksploatacyjnych.

Lokalne zachwianie stosunków wodnych powodowane jest także przez pobór wód podziemnych na potrzeby przemysłowe i komunalne. Zmiany występują przeważnie na małych obszarach; największy, rzędu kilku km<sup>2</sup>, znajduje się w rejonie Stalowej Woli. Konsekwencje zależą nie tylko od wielkości poboru, ale i od warunków środowiskowych. W obszarze północnej części Kotliny leje depresyjne nie budzą niepokoju o trwałe zubożenie wód podziemnych, a w związku z tym o trudności w zaopatrzeniu ludności w wodę. Trudne problemy występują tylko w rejonie siarkowym, gdzie nakładają się na siebie zmiany wywołane eksploatacją złoża i poborem wody.

Na Wysoczyźnie Kolbuszowskiej, gdzie zmiany typu lokalnego mają zasięgi dość ograniczone, braki wody zarysowują się znacznie ostrzej niż w regionie północnym. Obniżenie zwierciadła wody podziemnej w obrębie miast i w ich bezpośrednim sąsiedztwie na skutek poboru wody oraz melioracji powoduje trudności w zaopatrzeniu w wodę ludności miejskiej i wywołuje braki wody w studniach wiejskich. Ponadto w miastach tego regionu występuje problem zanieczyszczenia wód powierzchniowych

i podziemnych, mimo małych ilości odprowadzanych ścieków. Pozostaje to również w związku z naturalnymi warunkami — budową geologiczną i ubóstwem wodnym.

Zmiany, określane jako strefowe, są dwojakiego rodzaju. Jedne dotyczą właściwości fizykochemicznych wód rzecznych, drugie procesów korytowych i stosunków wodnych w dolinach.

Zmiany cech fizycznych i chemicznych wód płynących, spowodowane zrzutami wód chłodniczych oraz ścieków fabrycznych i miejskich, należą do najbardziej zwracających uwagę z powodu uciążliwości zanieczyszczeń. Sytuacja w badanym obszarze jest alarmująca. Długość odcinków rzek, których wody nie odpowiadają normom podstawowym, jest duża i stan czystości wód ulega stałemu pogarszaniu. Wzrost zanieczyszczenia rzek — ograniczający w dużym stopniu zasoby dyspozycyjne wód przydatnych gospodarczo — może wywołać już w niedługim czasie trudności w zakresie zaopatrzenia w wodę. Zarówno z gospodarczego, jak i przyrodniczego punktu widzenia radykalne ograniczenie zrzutu nie oczyszczonych ścieków należy do zadań najbardziej palących. Być może, iż nie wszystkie biologiczne konsekwencje nadmiernego obciążenia rzek ściekami dadzą się już cofnąć, możliwość jednak powrotu do zadowalającego stanu czystości jest realna, a zarazem bardzo pilna.

Zmiany koryt rzecznych są wynikiem regulacji oraz procesów naturalnych wzmoczonych działalnością ludzką. Regulacje małych rzek wykonywane były dla celów melioracyjnych, dużych zaś dla potrzeb komunikacji i w celach ochrony przeciwpowodziowej. Spowodowały one wzrost erozji wgłębnej oraz siły transportowej rzek.

San na Nizinie Sandomierskiej stał się — według określenia A. Szumańskiego — rzeką tranzytową dla transportu materiału karpackiego do Wisły. Podobnie jest z Wisłoką (K. Klimek 1974). W ostatnim okresie daje się zauważyć zmniejszenie nasilenia erozji wgłębnej, co wskazuje, że rzeki zbliżają się do stanu równowagi. Jest to jednakże równowaga wymuszona, wymagająca stałej ingerencji w celu hamowania erozji bocznej i dziczenia rzek.

Pogłębienie koryt wzmogło rolę drenującą rzek, a budowa wałów przeciwpowodziowych wpłynęła na zmianę stosunków wodnych w dużych dolinach. Zmian tych nie można ocenić jednoznacznie. Zmniejszyło się zagrożenie powodziowe, ale równocześnie zaostrzyły się niżówki. Silnie nawodnione dna dolin i niskich teras uległy osuszeniu i na dużych przestrzeniach zostały przekształcone w grunty orne. Znikły niemal całkowicie lasy łęgowe.

Zmiany stosunków wodnych w dolinach i procesów korytowych są uzależnione nie tylko od działania człowieka w obszarze ich występowania, ale również od zabiegów w górnych, karpackich częściach dorzeczy. Budowa zbiorników retencyjnych oraz zmiany w użytkowaniu grun-

tów w terenach górskich mogą w znacznym stopniu osłabić niekorzystne zjawiska w obrębie dolin w Kotlinie Sandomierskiej.

Zarejestrowane zmiany dotyczą cech fizykochemicznych i obiegu wody, trudno zatem oceniać je na jednej płaszczyźnie. Na jednoznacznie negatywną ocenę zasługuje zjawisko zanieczyszczania wód powierzchniowych, a także, coraz częściej występujące, wód podziemnych. Głównym czynnikiem tych zmian jest przemysł i, w mniejszym stopniu, gospodarka komunalna, a w rejonie siarkowym górnictwo. Wpływ rolnictwa na stan czystości wód nie mógł być uchwycony w przyjętych ramach badań. Podkreślić jednak trzeba, że w warunkach hydrogeologicznych Kotliny Sandomierskiej istnieje łatwość zanieczyszczenia płytkich wód podziemnych i małych cieków, co wobec stałej intensyfikacji rolnictwa podnosi znaczenie zagadnienia.

Podstawowy czynnik zmian dynamicznych stanowią roboty hydrotechniczne objęte nazwą melioracji podstawowych i szczegółowych. Pełna ocena ich skutków nie jest łatwa i przekracza zakres podjętej pracy. Zmiany w stosunkach hydrologicznych wywołane melioracjami polegają na osuszeniu znacznych obszarów Kotliny, na zmniejszeniu retencji podziemnej i na drobnych pozornie, ale istotnych, przekształceniach rytmu odpływu. Są to z punktu widzenia gospodarki wodnej zmiany niekorzystne. Dalsze ich konsekwencje w środowisku — przede wszystkim w glebie i roślinności — wymagają studiów specjalistycznych.

Uchwycenie zmian stosunków wodnych nastęrcza wiele trudności wynikających przede wszystkim z faktu, że aktualnego stanu nie można zestawić z jakimś stanem wyjściowym. Stosunki wodne ulegają stałym przekształceniom na skutek działania sił przyrody. Ta naturalna ewolucja jest modyfikowana przez człowieka. Ingerencja odbywa się w różnorodny sposób, z różnym nasileniem i od dawna, toteż wykrycie wszystkich zmian, które związać można z działalnością gospodarczą, nie jest zapewne możliwe. Środowisko przyrodnicze reaguje dążeniem do wytworzenia nowej równowagi sił. Ta zdolność do samoregulacji układu zacieierać może piętno działalności ludzkiej. Nawet brutalna ingerencja — na przykład odlesienie dużej powierzchni lub skrócenie biegu rzeki — powodująca przekroczenie naturalnej granicy odporności środowiska i pociągająca za sobą radykalną zmianę nasilenia procesów, po upływie długiego czasu może być trudna do wykrycia. Skomplikowanie problematyki stwarza niebezpieczeństwo nie tylko pominięcia istotnych spraw, ale i wadliwej interpretacji oraz oceny zjawisk, zwłaszcza jeśli bada się je w izolacji względem całego kompleksu.

Środowisko przyrodnicze stanowi kompleks, który w zależności od cech, silnie zróżnicowanych w przestrzeni geograficznej, odznacza się różnym dynamizmem przemian. Ten sam impuls wywołać może odmienny łańcuch następstw. Efekty różnić się mogą jakościowo, mieć różny zasięg lub ujawniać się w innym czasie. Badania przeprowadzone w Ko-



tlinie Sandomierskiej wykazały, że charakter środowiska przyrodniczego w decydujący sposób rzutuje na konsekwencje działalności gospodarczej. Upoważnia to do stwierdzenia, że znajomość środowiska, umożliwiająca prognozowanie jego przemian, winna stanowić podstawę prac hydrotechnicznych i wszystkich poczynań gospodarczych, które wpływają na stosunki wodne.

Zakład Hydrografii Instytutu Nauk o Ziemi  
Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej  
w Lublinie

## LITERATURA

- Burlikowska I., 1976, *Zmiany sieci wodnej Niziny Sandomierskiej na podstawie map z 1855 i 1938 roku*, Biul. LTN, Lublin.
- Dębski K., 1959, *Hydrologia kontynentalna*, cz. II, Warszawa.
- Dobrowolska M., 1931, *Studia nad osadnictwem w dorzeczu Wisłoki i Białej*, Wiad. Geogr., nr 6—7, Kraków.
- Dobrowolski A., 1971, *Badania reżimu termicznego rzeki Sanu poniżej zrzutu wód podgrzanych z elektrowni w Stalowej Woli*, Gosp. Wod., nr 5, Warszawa.
- Hołowkiewicz E., 1886, *Obrazy fizyograficzne Galicyi*, Sylwan, r. IV, cz. I, II, III, Kraków.
- Ingarden R., 1921, *Rzeki i kanały żeglowne w b. trzech zaborach i znaczenie ich gospodarcze dla Polski*, Min. Rob. Publ., Warszawa.
- Kaczorowska Z., 1962, *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*, Prace Geogr., nr 33, Warszawa.
- Kędzior A., 1929, *Roboty wodne i melioracyjne w południowej Małopolsce*, cz. II, *Melioracje w nizinie Nadwiślańskiej tudzież w dorzeczu Bugu, Styru i Dniestru*, Lwów.
- Klimek K., 1974, *The retreat of alluvial river banks in the Wisłoka valley*, Geogr. Pol., 28, Warszawa.
- Kowalska A., 1976, *The influence of river regulation and land drainage upon water conditions within the Sandomierz Lowland*, Geogr. Pol., Warszawa.
- Kuźniar K., 1948, *Tworzenie się rudawca w glebach leśnych*, Sylwan, 92, Warszawa.
- Laskowska-Wysoczańska W., 1971, *Stratygrafia czwartorzędu i paleomorfologia Niziny Sandomierskiej i Przedgórze Karpat rejonu rzeszowskiego*, Stud. Geol. Pol., t. 34 (Ser. Plejt. Pol., cz. IV), Warszawa.
- Majka-Smuszkiewicz A., 1969, *Chemizm wód trzeciorzędowych rejonu Machowa*, Kwart. Geol., t. 13, z. 3, Warszawa.
- Ochrona środowiska, 1972, GUS, *Materiały Stat.*, Warszawa.
- Oczoś Z., Partyka A., 1971, *Rolnicza przydatność gleb Polski — województwo Rzeszów*, IUNG, Puławy.
- Osuch B., 1968, *Problemy wynikające z nadmiernej eksploatacji kruszywa rzeczowego na przykładzie rzeki Wisłoki*, Zesz. Nauk. AGH, 219, Kraków.
- Polański A., Smulikowski K., 1969, *Geochemia*, Warszawa.
- Przepływy charakterystyczne rzek polskich 1951—1960*, 1967, PIHM, Warszawa.
- Rederowa E., 1976, *Zmiany gęstości sieci wodnej w północnej części Niziny Sandomierskiej w wyniku przeprowadzonych melioracji*, Biul. LTN, Lublin.
- Rehman A., 1891, *Dolne dorzecze Sanu badane pod względem postaci, budowy i rozwoju gleby*, Spraw. Kom. Fizj. AU w Krakowie, Kraków.
- Roczniki hydrologiczne wód podziemnych 1963—1970, 1969—1972*, PIHM, Warszawa.
- Romer E., 1911, *Wstęp do fizyografii powiatu Mieleckiego*, Kosmos, r. 36, Lwów.

- Siuta J., Kern H., Ochalska L., 1971, *Wskaźniki reakcji gleb ornych na drenowanie oraz zmiany klas bonitacyjnych pod jego wpływem*, IUNG, Puławy.
- Stachy J., Czarnecka H., 1968, *Współczynniki zmienności średnich rocznych przepływów w Polsce*, Prace PIHM, z. 94, Warszawa.
- Stan, zagrożenie i ochrona środowiska 1973, 1974, GUS, Warszawa.
- Starkel L., 1960, *Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie*, Prace Geogr., nr 22, Warszawa.
- Strzelecka B., 1958, *Historyczna dokumentacja niektórych młodszych zmian hydrograficznych na brzegu Karpat*, Czas. geogr., t. XXIX, z. 4, Wrocław.
- Strzemski M., 1954, „Czarne ziemie” jako wskaźnik odwodnienia kraju, *Gosp. Wodna*, z. 2, Warszawa.
- Szumański A., 1973, *Ewolucja układu poziomego i pionowego koryta rzek Kotliny Sandomierskiej w holocenie*, Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW, Warszawa (maszynopis).
- Terlikowski F., 1958, *Prace wybrane z dziedziny gleboznawstwa, chemii rolnej i nawożenia* PWRL, Warszawa.
- Wilgat T., 1966, *Odległości od wody jako wskaźnik gęstości sieci wodnej*, *Przegl. geogr.*, t. XXXVIII, z. 3, Warszawa.
- Wilgat T., 1971, *Ochrona wartości środowiska przyrodniczego w Polsce*, „Problemy Środowiska Człowieka”, Biul. Kom. Przestrz. Zagosp. Kraju PAN, nr 68, Warszawa.
- Winnicki B., 1929, *Obecny stan państwowej akcji melioracyjnej w Małopolsce*, Inż. Rolna, nr 6—8.
- Wyniki pomiarów objętości przepływu w dorzeczu Sanu*, 1929, Min. Robót Publ. Państw. Służba Hydr. w Polsce, Warszawa.
- Zwierzchowski W., 1976, *Problemy wodne miast Płaskowyżu Kolbuszowskiego*, Biul. LTN, Lublin.

#### WYKORZYSTANE MATERIAŁY KARTOGRAFICZNE

- Atlas geologiczny Galicyi*, 1903, z. 15, Kraków.
- Kummerer C., 1855, *Administrativ Karte von den Königreichen Galizien und Lodomerien mit dem Grossherzogthume Krakau und den Herzogthümern Auschwitz, Zator u. Bukowina*, in 60 Blättern, Wien (podziałka ok. 1 : 115 000).
- Mapa topograficzna WIG 1 : 100 000*, 1938, Warszawa.
- Mapy powiatów („obrębówki”) 1 : 25 000*, 1959—1962, Warszawa.
- Przeglądowa mapa hydrogeologiczna Polski 1 : 300 000*, Wyd. A i B, ark. Zamość i Kielce, Warszawa.
- Umann L., 1894, *Die Spezialkarte der Öster.-Ungarische Monarchie*, 1 : 75 000, Wien.
- Zestawienie kart przeglądowych (Wisły, Bugu, Dniestru, 1 : 100 000)*, załącznik do pracy A. Kędziora *Roboty wodne i melioracyjne w południowej Małopolsce*, Lwów 1929.

## THE IMPACT OF ECONOMIC ACTIVITIES UPON HYDROGRAPHIC CONDITIONS IN THE SANDOMIERZ BASIN

### Summary

The present study prepared by the research team of the Hydro-geography Department, M. Curie-Skłodowska University at Lublin constitutes an attempt of apprehending and — if possible — evaluating the changes that have taken place in the Sandomierz basin and are the result of man's economic activities. The research covers the part of the basin situated east of the river Wisłoka within the boundaries of what used to be Rzeszów Voivodeship.

For apprehending these hydrological changes the authors believed it indispensable to acquaint themselves with the hydrographical conditions as they are within the whole range of the geographical environment, and for this purpose they embarked upon compiling in 1 : 25000 scale a hydrographical map of representative regions covering a total of some 2500 sq km — equal to approximately one third of the whole area under investigation (Fig. 1).

Field surveys made it possible to record many phenomena that are entirely artificial, or that have partly been transformed by man. They also disclose spatial disparities in hydrological conditions, indicating the part played by environmental agencies in such disparities; hence, this sort of surveying in the open field facilitates apprehending hydrological anomalies of anthropogenic origin.

A second means of recognizing changes in hydrological conditions is to compare hydrological features with what they were formerly. To do this, the authors took cognizance of source material enabling them to reconstruct hydrological conditions as they had been previously. With this in view they scrutinized ancient maps, studied documentary hydro-meteorological records, pertinent old publications and archival data.

In the final chapter of their study they give a tentative description of past hydrological changes and discusses the evolutionary tendencies they observed in the regional system of water circulation. This latter aim impelled them to contemplate the regional water system as a whole. Yet, unable to measure many elements of water circulation, the authors had to confine themselves to an analysis of a qualitative character. Quantitative methods were of necessity limited to problems of a fragmentary nature. Still, a proper portrayal of general evolutionary tendencies of the water system seemed to be the indispensable premise for apprehending true hydrological conditions, and for understanding the part they play and have been playing in the geographical environment.

The complexity of the questions at issue made the authors apply in their study several different methods to particular problems. For determining the changes suffered by the fluvial network they compared successive cartographic sources: an old Austrian map of former Galicia and Lodomeria compiled in 1855, with

modern maps issued by the Polish Army's Geographical Institute in the 1930. This correlation revealed, that hydrographical changes used to be a common occurrence, yet they markedly differed in character in the northern part of the area, called the Rozwadów plain, and in the southern part known as the Kolbuszowa plateau (Fig. 3).

For a quantitative estimate of the density of the fluvial system the authors applied what is called Wilgat's distance method; here they made use of old Austrian military maps from the turn of the 19th century, correlating them with modern maps illustrating the effect of land improvement up to 1974. The increase in the density of water channels proved to be threefold, in some detailed areas even as much as fourfold (Figs. 4—6).

These studies of cartographical material and of other historical sources, combined with field studies, indicate that the overall effect of land improvement has been a desiccation of the investigated area, leading to a 1 to 2 m depression of the groundwater table. The same effect is indicated in the soil profile by the position of the iron hardpan bed with regard to the groundwater table.

Worth emphasizing is that, during the recent 100 years in which most of the land improvement has been performed, rather insignificant are the changes observed in the woodland area of the Sandomierz basin (Fig. 7). This means, that deforestation cannot be looked upon as a factor to which the universally visible changes in the water system might be ascribed. On the other hand, the forest-covered areas had their effect upon the distribution of where land improvement was undertaken; the widespread forests are the areas where least improvement work was done.

In a separate manner dealt the authors with the changes they observed in the valleys of the larger streams issuing from the Carpathians, paying particular attention to the San valley. With historical sources as basis they reconstructed the course of channel control work initiated in the second half of the 19th century, and collected all data mentioning changes observed in the run of the river channel. In addition the field researches were carried out in river San valley in as far as it passes the Sandomierz basin. In agreement with other authors they established the fact, that at present the river San runs in a channel of compulsory balance which is kept up by man's constant attention. This channel maintenance led to processes of bottom erosion and, in consequence, to the lowering of the groundwater table in the valley, especially in the land strips closest adjoining the river. From studying the interrelation between the mean annual water level in the channel and the sum of annual precipitation in the San catchment basin the authors ascertained, that the channel bottom has gradually been lowered about 1.0 m in the lower reaches and some 1.3 m in the middle reaches (Figs. 8, 9).

Older hydro-meteorological records also reveal certain changes in the behaviour of the river San. The recent 100 years brought an extension of low-water periods and a decrease in annual minimum flow, combined with shortened periods of high-water flow (Figs. 10, 11). However, it seems inadmissible to ascribe these changes to the climate; they may rather have been caused by changes in flow volume brought about by man's economic activities.

Treating this topic as a separate object of research, the authors turned their attention to the impact exerted by industry and by communal amenities and, especially, by sulphur ore exploitation, upon hydrological conditions. This enabled them to define the range and the character of this influence upon both underground and surface waters (Figs. 12, 13).

Their tentative setting in order the results of their investigations made the authors distinguish changes of a local, a zonal (along river channels), and a regional character.

Dealing first with regional changes, they assigned to this category those changes brought about by land improvement — i.e. improvement works of a general nature and those made in specific areas. Their joint effect is an all-round transformation of former hydrological conditions, expressed by: an increase in the number of water oscillations, as well as by an increase in surface run-off and following heavy depression of the groundwater table, and by increases in the amplitudes of ground-water oscillations, as well as by an increase in surface runoff and following heavy rainfall, by reduced flow in the river channels during dry seasons and, finally, by abolishing many minor creeks and increasing the irregularities in their flow volumes.

All the occurrences enumerated above vary in intensity, due not only to differences in the nature and the intensity of man's interference but also, to a diverse degree, to particular traits of the geographical environment.

Where the changes are rather of a local nature, they may go back to a variety of causes. Remarkable are the changes in water conditions seen in the district of sulphur ore exploitation, depending to a high degree on the methods applied in mining. In the surroundings of open-cast mining the changes, especially in the level of the underground waters, cover wide areas; but even heavier are the disturbances in both water dynamics circulation and in the chemical composition of the water brought about by the method of liquefying the sulphur in its mother lode.

Other local disturbances in water conditions are often the result of water consumption by industrial plants and municipal demands. However, a real water shortage and difficulties in covering requirements occur only in the southern part of the region which is afflicted by a paucity of underground water resources.

Changes of a zonal nature are twofold: some pertain to the physico-chemical properties of the fluvial waters, others to channel processes and to hydrographic conditions in valleys. The former are mainly caused by the release of warm cooling water, of industrial effluents and of communal sewage into the rivers; the latter result from bank adjustment of the river channels and from specific land improvement works performed in the draining basins.

Due to the fact that the changes observed by the authors refer to both the physico-chemical properties of the water and to water circulation (surface and underground) in general, it would seem objectionable to appraise them from a common point of view. Plainly deserving of condemnation is every sort of pollution of the surface water and — as increasingly often is the case — of the underground waters also. Industrial plants are here the principal culprits; to a lesser degree to blame are communal enterprises, and in the sulphur area culpable is mining. As far as agriculture is concerned, the studies made by the authors failed to enable them to estimate its effect upon water purity. Even so, under the hydrogeological conditions prevailing in the Sandomierz basin, it is easy to contaminate the shallow groundwater resources and the many small creeks — offenses which in the face of the steadily growing intensity of agricultural work emphasize the dangerous consequences that might have to be anticipated.

An important factor leading to what might be called dynamic changes in hydrological conditions are land improvement works, consisting of basic and of detailed land melioration. To appraise the value of these endeavours is not easy. To further effective land cultivation some of this kind of works are profitable, but some of them are rather unfavourable — to mention only the increase in areas where the soils are turning excessively dry. From the viewpoint of water economics the changes introduced in water circulation cannot be considered beneficial, and

the probable future consequences of these changes, mainly their effect upon soils and vegetation, demand further specialized studies.

Correctly perceiving changes in hydrological conditions is fraught with difficulties, mainly due to the fact that conditions as they are today cannot be correlated with what they had been initially. Hydrological conditions are constantly being transformed by nature's forces, yet this evolution suffers continuous modification by man. This human interference assumes a variety of forms and proceeds with different intensity; it also goes back a long time. We know that the natural environment reacts to each of these changes by aiming at arriving at a new state of equilibrium, and to some extent this inherent capacity of selfadjustment is apt to obscure the stamp of human achievements. Even some brutal interference — like deforestation of a large area, or shortening a river channel — that would seem to surpass the boundaries of nature's power of resistance and to lead to radical changes in the intensity of natural processes, might be difficult to recognize after a suitably long period of time. This shows, that highly complicated problems are likely to make one overlook matters of real importance and, moreover, to lead to erroneous interpretations and estimates of occurrences and facts, especially when considered under disregard of composite situations.

In conclusion let it be stressed again: the geographical environment is a complex which — consistent with its features widely divergent in space — shows a variety of forms of changes. An identical impelling force may create entirely different chains of transformations. The effects obtained may differ qualitatively, they may differ in range, or they may come to light at different times. The investigations of the authors of the Sandomierz basin have revealed, that the nature of the regional geographical environment markedly bears upon the consequences of what is undertaken in order to change economic conditions. And this disclosure confirms that a full knowledge of the given environment, from which possible and probable future changes can be anticipated, should be the indispensable basis for all proposed hydrotechnical undertakings and all economic decisions which are affecting local and regional hydrogeographical conditions.

*Translated by Karol Jurasz*





WYDAWNICTWA IGIPZ PAN

VARIA

B. OLSZEWICZ — **Dorobek polskiej historii geografii i kartografii w latach 1954—1969**, 1973, s. 172, zł 48,—

J. MISZAŁSKI — **Współczesne problemy eoliczne na Pobrzeżu Słowińskim. Studium fotointerpretacyjne**, 1973, s. 150, zł 30,—

Z. CIĘTAK, S. PIETKIEWICZ — **Słownik geograficzny angielsko-polski**, s. 422, zł 120,—

CENTRALNY KATALOG ZBIORÓW KARTOGRAFICZNYCH W POLSCE

Zeszyt 1. **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800**, 1961, s. 247, zł 72,—

Zeszyt 2 (uzupełniający). **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800**, 1963, s. 112, zł 28,—

Zeszyt 3. **Katalog atlasów 1801—1919**, 1965, s. 342, zł 76,—

Zeszyt 4. **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1528—1945**, 1968, s. 160, zł 48,—

Zeszyt 5. **Wieloarkuszowe mapy topograficzne Polski 1576—1870** (w przygotowaniu).

**Katalog dawnych map Rzeczypospolitej Polskiej w kolekcji Emeryka Hutten Czapskiego i w innych zbiorach.** Oprac. W. Kret (w druku).

**WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ**

za ostatnie lata

1973

- 1 PRACA ZBIOROWA — Gleby i zbiorowiska leśne okolic Szymbarku, s. 97 + ryc., tab., nlb., zł 24,—
- 2 J. SŁUPIK — Zróżnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich, s. 118 + ryc., nlb., zł 24,—
- 3 W. STOLA — Rolnictwo departamentu Vaucluse (Francja). Próba typologii, s. 86 + nlb., zł 21,—
- 4 J. GROCHOLSKA — Bilans użytkowania ziemi. Cz. II (w druku)
- 5 B. OBREŃBSKA-STARKŁOWA — Mezo- i mikroklimat gromady Szymbark (w druku)
- 6 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1972, s. 132, zł 27,—

1974

- 1 I. BURLIKOWSKA — Zaopatrzenie w wodę wsi województwa lubelskiego, s. 99, zł 24,—
- 2 PRACA ZBIOROWA — Studia nad strukturą lokalnej sieci osadniczej wybranych obszarów w Polsce, s. 188, zł 24,—
- 3 M. GRZEŚ — Badania nad termiką i zlodzeniem jeziora Gopło, s. 56 + nlb., zł 21,—
- 4 A. RACHOCKI — Przebieg i natężenie współczesnych procesów rzecznych w korycie Raduni, s. 121 + nlb., zł 27,—
- 5 K. WIT-JÓŻWIK — Hydrografia Tatr Wysokich. Objąsnienia do mapy hydrograficznej „Tatry Wysokie” 1 : 50 000, s. 118 + nlb., zł 30,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1973, s. 179, zł 24,—

1975

- 1/2 M. DRZAŁ — Parki w Polsce, s. 306 + nlb., zł 48,—
- 3/4 PRACA ZBIOROWA — Problemy bioklimatologii uzdrowiskowej, s. 113, zł 48,—
- 5/6 PRACA ZBIOROWA — Wpływ działalności gospodarczej na stosunki wodne Kotliny Sandomierskiej, s. 61, zł 24,—