

## Zmiany ilości i jakości wód w typowych małych zlewniach Wielkopolski

### Abstract

Changes of water quantity and quality in typical small river catchments of the Wielkopolska Region. In the work were presented results of the complex 10-years investigations in the Struga Dormowska and the Maskawa river catchments. The physiographic characteristics of catchments, meteorological and hydrological conditions in investigated period, water balances of catchments, dynamics and trends of water quality changes in rivers were described.

*Key words: hydrology, river catchments, water balances, water quality.*

### Wstęp

W Polsce regionem o największych niedoborach wodnych jest Wielkopolska. W regionie tym, szczególnie w środkowej części dorzecza Warty między Pradolina Toruńsko-Eberswaldzką i Warszawsko-Berlińską występują niedobory wody w okresie wegetacyjnym, nawet w latach przeciętnych i mokrych (Woś 1989). Zatem prace nad tendencjami zmian zasobów wodnych zlewni rzecznych z uwzględnieniem jakości tychże wód mają w Wielkopolsce bardzo ważny aspekt nie tylko poznawczy ale i użyteczny.

### Metodyka badań

W pracy przedstawiono wyniki szczegółowych badań i obserwacji terenowych prowadzonych w latach 1986–1990 w zlewni Maskawy do przekroju Dzierżnica i 1986–1995 w zlewni Strugi Dormowskiej do przekroju Gorzyń.

W ramach wieloletnich badań prowadzono stałe obserwacje i pomiary, które między innymi obejmowały:

- limnigraficzne notowania stanów wody w przekrojach zamykających zlewnie (Maskawa – koryto Parshalla, Struga Dormowska – przelew prostokątny), na stawach (w Stroszkach i Gorzyńniu) oraz na jeziorze Dormowskim,
- codzienne pomiary opadów deszczomierzem Hellmanna oraz w okresie wegetacyjnym dodatkowo pluwiografem w obu zlewniach,
- cotygodniowe pomiary stanów wód gruntowych,
- okresowe oznaczenia wilgotności gleby w wybranych profilach glebowych, na początku każdego półrocza hydrologicznego, metodą suszarkowo-wagową,
- pobieranie próbek wody do badania jej jakości z cieków i zbiorników wodnych.

Próbki wody pobierano z głębokości 20 cm i utrwalano, a następnie wykonywano w laboratorium oznaczenia zgodnie ze Zbiorem Polskich Norm (1979). Fizyczno-chemiczne analizy wody obejmowały oznaczenia wskaźników i składników charakteryzujących właściwości fizyczne (pH, temperatura), warunki tlenowe (zawartość tlenu rozpuszczonego), stężenia substancji organicznych (BZT<sub>5</sub>, CHZT, sucha pozostałość lotna, czyli straty przy prażeniu), obecność biogenów (związki azotu i fosforu) oraz skład mineralny (zawartość Ca, Mg, Na, K, Fe, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>). W celu prawidłowego opisu przyczyn zanieczyszczeń wód powierzchniowych przeprowadzono w zlewniach, w latach 1988–1989 szczegółową inwentaryzację źródeł zanieczyszczeń.

Z uwagi na brak środków finansowych w latach 1991–1995 badania i ob-

serwacje prowadzone były tylko w zlewni Strugi Dormowskiej. Analizę przebiegu warunków meteorologicznych w badanym okresie oraz obliczenia parowania terenowego (metodą Konstantinowa) oparto na stosownych danych ze stacji IMGW Poznań-Ławica, Gorzyń i Słupia Wielka.

## Wyniki badań

### Charakterystyka zlewni

Doświadczalne zlewnie Maskawy i Strugi Dormowskiej położone są odpowiednio w centralnej i północnej części Wielkopolski. Syntetyczne charakterystyki fizjograficzne obu zlewni zestawiono w tabeli 1. Badane zlewnie różnią się przede wszystkim średnimi spadkami, gęstością sieci cieków i powierzchnią wód stojących.

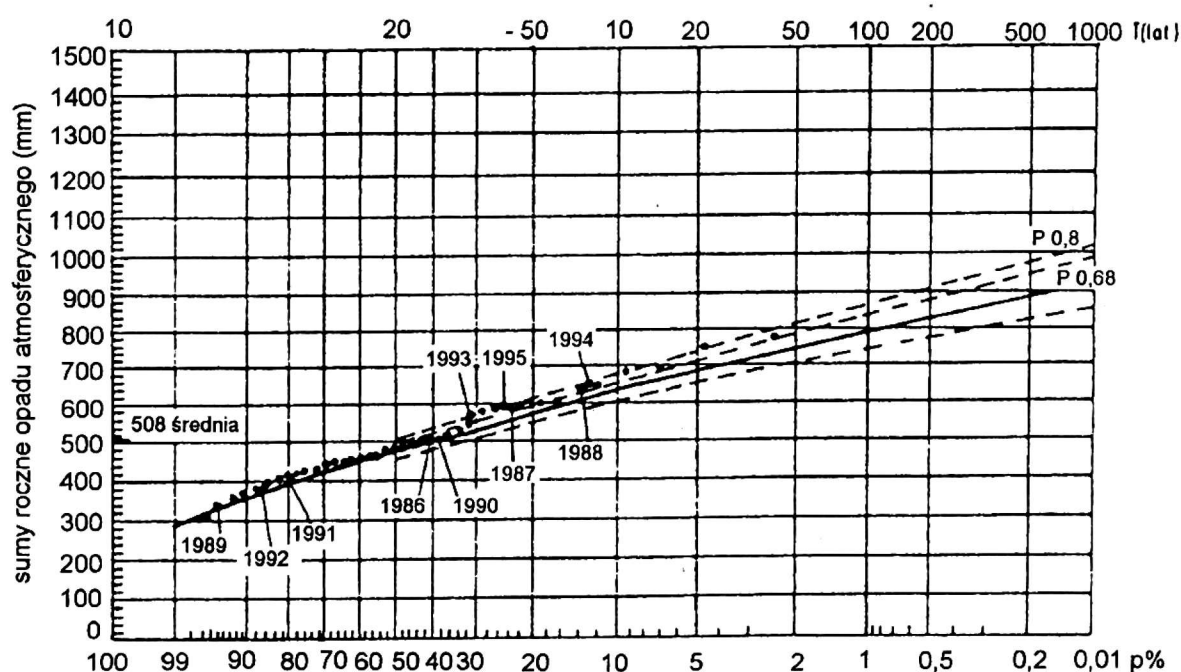
TABELA 1. Charakterystyki fizjograficzne analizowanych zlewni

Wyszczególnienie	Zlewnia	Przekrój
	Maskawa/Dzierznica	Struga Dormowska/Gorzyń
Położenie zlewni	woj. poznańskie REGION Równina Wrzesińska	woj. gorzowskie WIELKOPOLSKI Pojezierze Poznańskie
Powierzchnia zlewni [km <sup>2</sup> ]	37,2	44,5
Średnia wysokość zlewni n.p.m. [m]	113,4	85,0
Średni spadek zlewni [‰]	3,7	9,3
Średnia miąższość zlewni [m]	15,3	36,8
Wskaźnik zwartości zlewni [-]	1,29	1,25
Gęstość sieci cieków [km/km <sup>2</sup> ]	1,31	0,72
Powierzchnia wód stojących [km <sup>2</sup> ]	0,16	0,94
w tym: jezior	—	0,77
stawów i oczek wodnych	0,16	0,17
Dominujące uziarnienie gleb [%]	piaski luźne i słabogliniaste 52, piaski gliniaste 36	piaski luźne i słabogliniaste 76
Zalesienie [%]	28,4	23,6
Grunty orne [%]	60,0	65,1
Łąki i bagna [%]	9,9	8,3

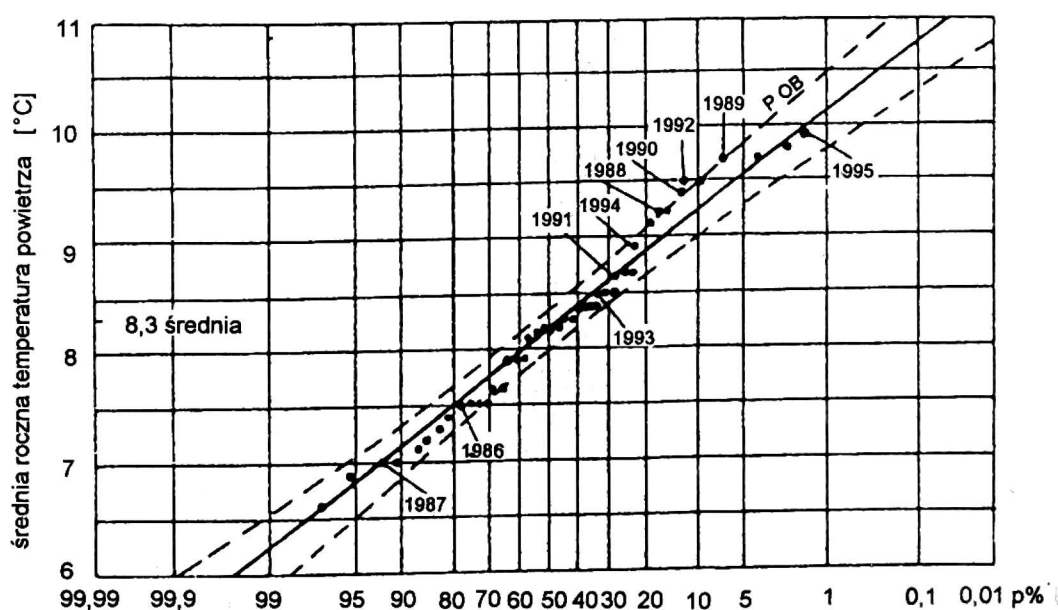
## Przebieg warunków meteorologicznych

Ocenę warunków meteorologicznych w okresie badań przeprowadzono na podstawie rozkładów prawdopodobieństwa sum rocznych opadów atmosferycznych – rozkład Pearsona III typu (rys. 1) oraz średnich rocznych temperatur powietrza – rozkład normalny (rys. 2) dla stacji

reprezentatywnej Poznań-Ławica. Jako bazowe wielolecie przyjęto lata 1951–1995. Z prezentowanych rysunków wynika, iż w badanym okresie występowały zarówno lata suche (1989, 1991, 1992), średnie (1986, 1990, 1993), jak i mokre (1987, 1988, 1994, 1995). Badany okres (1986–1995) charakteryzował się nieco wyższymi średnimi sumami rocznych



RYSUNEK 1. Rozkład prawdopodobieństwa sum rocznych opadów atmosferycznych dla stacji Poznań-Ławica w latach 1951–1995



RYSUNEK 2. Rozkład prawdopodobieństwa średnich rocznych temperatur powietrza dla stacji Poznań-Ławica w latach 1951–1995

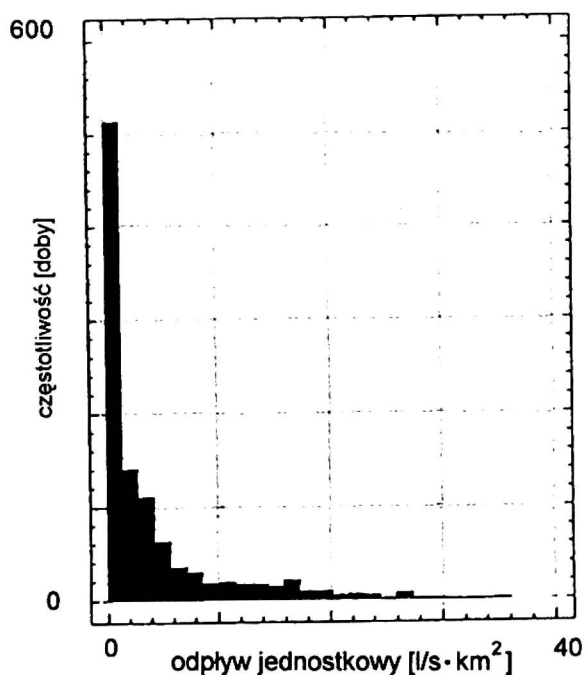
opadów atmosferycznych (520 mm) i również nieco wyższą średnią temperaturą powietrza ( $8,8^{\circ}\text{C}$ ) niż ww. bazowe wielolecie (508 mm,  $8,3^{\circ}\text{C}$ ). Warto w tym miejscu dodatkowo zaznaczyć, iż średnie wartości sum rocznych opadów i temperatur powietrza dla bazowego wielolecia (1951–1995) tylko nieznacznie różnią się od średnich za cały okres wykonywanych pomiarów meteorologicznych w Poznaniu, czyli z okresu 1848–1995 (511 mm;  $8,2^{\circ}\text{C}$ ) (Woś 1994).

### Charakterystyka hydrologiczna i bilanse wodne badanych zlewni

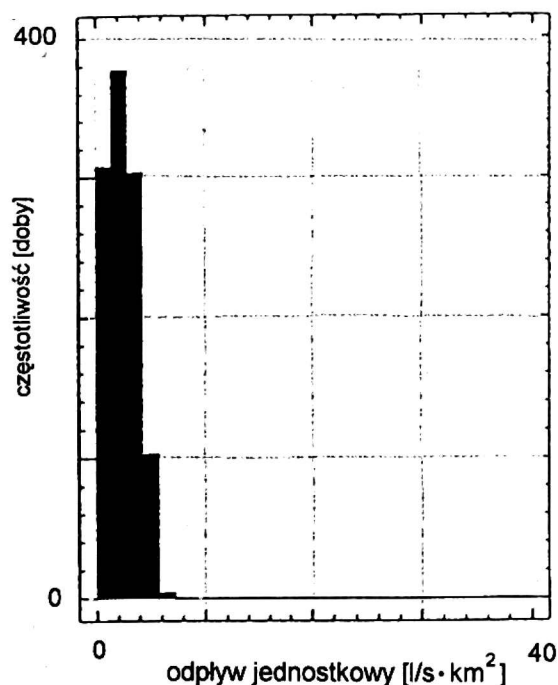
Badane zlewnie mają odmienny reżim wodny (rys. 3 i 4). Zlewnia Maskawy charakteryzuje się dużą zmiennością odpływów i małymi zdolnościami retencyjnymi. W przeciwieństwie do niej zlewnia Strugi Dormowskiej ma małą zmienność odpływów i duże zdolności retencyjne

związane z dużą jeziornością. Przykładowo, w ciągu trzech lat hydrologicznych: 1987/88 (rok mokry), 1988/89 (rok suchy) i 1989/90 (rok średni) średnie odpływy jednostkowe i odchylenia standardowe wokół nich dla zlewni Maskawy wynosiły odpowiednio 3,73 i 5,50  $\text{l/s}\cdot\text{km}^2$ , a dla Strugi Dormowskiej 2,44 i 1,44  $\text{l/s}\cdot\text{km}^2$ .

Zrównoważone bilanse wodne dla obu zlewni (tab. 2) zostały opracowane na podstawie pomiarów własnych: opady, odpływy i zmiany retencji oraz danych meteorologicznych (temperatury, prężności pary wodnej) ze stacji IMGW: ewapotranspiracja (Miler 1994). Dla lat, w których nie prowadzono własnych pomiarów składniki bilansu oszacowano na podstawie ich związków regresyjnych z opadem (wartości w tab. 2 podane w nawiasach).



RYSUNEK 3. Częstotliwość średnich dobowych odpływów jednostkowych zlewni Maskawy do przekroju Dzierznica w latach hydrologicznych 1987/88–1989/90



RYSUNEK 4. Częstotliwość średnich dobowych odpływów jednostkowych zlewni Strugi Dormowskiej do przekroju Gorzyń w latach hydrologicznych 1987/88–1989/90

TABELA 2. Roczne wskaźniki opadów, odpływów, ewapotranspiracji i zmian retencji w bilansach zrównoważonych dla zlewni Maskawy do przekroju Dzierznica i Strugi Dormowskiej do przekroju Gorzyń w latach hydrologicznych 1985/86–1994/95

Rok hydrologiczny	Zlewnia rzeki	Opad [mm]	Odpływ [mm]	Ewapotranspiracja [mm]	Zmiana retencji [mm]
1985 / 86	Maskawa	(578,4)	(102,6)	(466,4)	(+9,4)
	Struga				
1986 / 87	Dormowska	(600,0)	(87,4)	(502,6)	(+10,0)
	Maskawa	(648,6)	(152,6)	(476,9)	(+19,1)
1987 / 88	Struga				
	Dormowska	(644,4)	(108,3)	(515,5)	(+20,6)
1988 / 89	Maskawa	680,3	198,1	513,1	-30,9
	Struga				
1989 / 90	Dormowska	710,0	118,5	548,0	+43,5
	Maskawa	417,0	81,4	531,0	-195,4
1990 / 91	Struga				
	Dormowska	502,4	60,6	567,2	-125,4
1991 / 92	Maskawa	542,2	41,6	497,0	+3,6
	Struga				
1992 / 93	Dormowska	608,3	54,6	545,6	+8,1
	Maskawa	(326,7)	(27,3)	(419,1)	(-119,7)
1993 / 94	Struga				
	Dormowska	405,1	56,9	455,6	-107,4
1994 / 95	Maskawa	(359,0)	(26,3)	(377,6)	(-44,9)
	Struga				
1995 / 96	Dormowska	425,8	35,6	431,9	-41,7
	Maskawa	(512,0)	(46,7)	(476,0)	(-10,7)
1996 / 97	Struga				
	Dormowska	553,1	56,7	509,0	-12,6
1997 / 98	Maskawa	(608,5)	(66,6)	(475,4)	(+66,5)
	Struga				
1998 / 99	Dormowska	636,5	68,5	502,1	+65,9
	Maskawa	(612,3)	(85,2)	(493,5)	(+33,6)
1999 / 00	Struga				
	Dormowska	602,4	66,4	501,9	+34,1

### Dynamika zmian jakości wód

Jakość wód Maskawy i Strugi Dormowskiej była częściowo przedmiotem wcześniejszych publikacji (Kosturkiewicz i in. 1992; Muratowa, Miler 1993; Murat-Błażejewska 1995). W pracach tych analizowano zmiany stanu i składu

chemicznego wody oraz ich zależności z wielkościami przepływów wody w ciekach. W niniejszej pracy przedstawiono czasową zmienność stanu zanieczyszczenia badanych wód w kontrolowanych profilach. W trakcie badań, w okresie 1986–1995 w przekroju Gorzyń (Struga



Dormowska) i w okresie 1986–1990 w przekroju Dzierznica (Maskawa) pobrano i poddano analizom laboratoryjnym odpowiednio 128 i 62 próbki wody. Syntetyczne wyniki tych badań w postaci maksymalnych, średnich i minimalnych rocznych wartości wybranych wskaźników jakości wody przedstawiono na rys. 5, 6 i 7. Ocenę stanu czystości badanych wód przeprowadzono metodą bezpośrednią, polegającą na porównaniu wartości każdego oznaczanego parametru z wartościami granicznymi dla poszczególnych klas czystości wód płynących (Rozporządzenie..., 1991).

**Natlenienie wody.** Warunki tlenowe, mierzone ilością tlenu rozpuszczonego w wodzie były zmienne i wykazywały wyraźną sezonowość w cyklach rocznych. Średnie roczne stężenie tlenu rozpuszczonego w badanych wodach wahało się od 6,5 do 9,3 mg O<sub>2</sub>/l (rys. 5) i mieściło się w I klasie czystości wód. Okresowo jednak w obu ciekach stężenie tlenu rozpuszczonego spadało poniżej normatywnych wartości dla III klasy.

**Zawartość związków organicznych.** Wartości wskaźnika BZT<sub>5</sub> zmieniały się w rytmie podobnym do zmian zawartości tlenu w wodzie. Średnie roczne wartości BZT<sub>5</sub> (pięciodniowe biochemiczne zapotrzebowanie na tlen) wód Maskawy i Strugi Dormowskiej były niższe od 8 mg O<sub>2</sub>/l i odpowiadały normom I i II klasy czystości.

Zawartość związków organicznych badanych wód, mierzona utlenialnością zmieniała się wyraźnie w ostatnich latach, przy czym większe wahania zanotowano w Maskawie (rys. 5). Średnie roczne wielkości utlenialności mieściły się dla

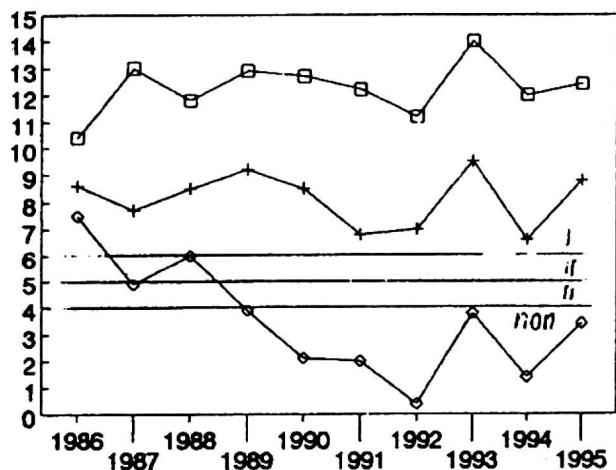
Strugi Dormowskiej w I klasie czystości wód, a dla Maskawy w II.

Badane wody charakteryzowały się naturalnym, lekko alkalicznym odczynem (pH 7,0–8,2) (rys. 6). Zaobserwowany wzrost odczynu wody w obu ciekach w latach 1987–1990 można tłumaczyć wyższymi temperaturami powietrza, przy opadach zbliżonych do normy, co powodowało obniżenie odpływów w okresach wegetacyjnych. Podwyższona temperatura płytkich, wolno płynących wód sprzyjała procesowi fotosyntezy, tj. pochłanianiu CO<sub>2</sub> przez fitoplankton i makrofitę, a w konsekwencji wzrostowi pH. Zaobserwowano również spadek pH przy wzroście natężenia przepływu wody, co wskazuje na mniej intensywny przebieg fotosyntezy przy większych głębokościach i prędkościach wody oraz na wpływ kwaśnych deszczy.

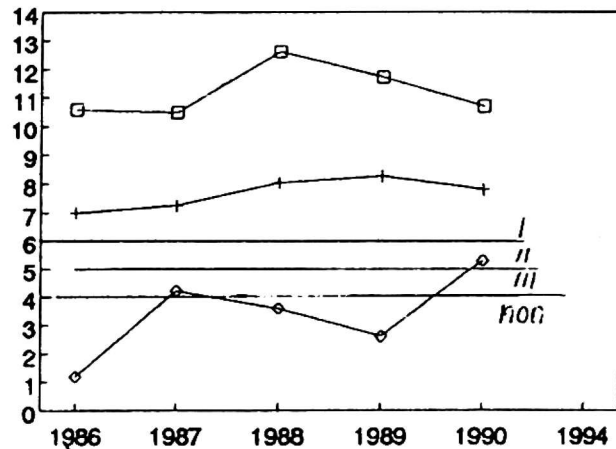
**Substancje biogenne.** Wartości średnich stężeń fosforanów pozwalają zaklasyfikować wody Strugi Dormowskiej i Maskawy odpowiednio do II i III klasy czystości. Wartości maksymalne w rozpatrywanym okresie przekraczały wartości graniczne dla III klasy czystości – w przypadku Maskawy corocznie i tylko jeden raz (1992 r.) w Strudze Dormowskiej. Generalnie wody Strugi Dormowskiej zawierały mniej związków biogennych niż wody Maskawy. Przykładowo, średnie stężenie azotu amonowego w wodach Strugi Dormowskiej zawierało się w przedziale 0,1–0,6 mg N-NH<sub>4</sub>/l, azotu azotanowego 0,1–0,5 mg N-NO<sub>3</sub>/l (rys. 7), gdy w analogicznym okresie wody Maskawy zawierały odpowiednio 0,4–0,9 mg N-NH<sub>4</sub>/l i 0,9–4,6 mg N-NO<sub>3</sub>/l. Naturalne bariery (jeziora, stawy rybne i zbiornik retencyjny) oraz ekosystemy

### STRUGA DORMOWSKA - GORZYŃ

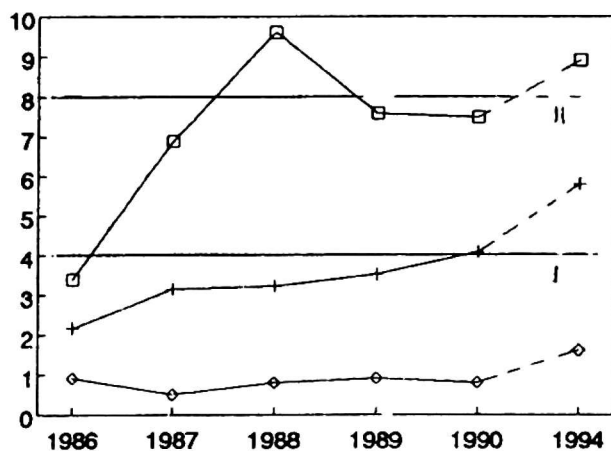
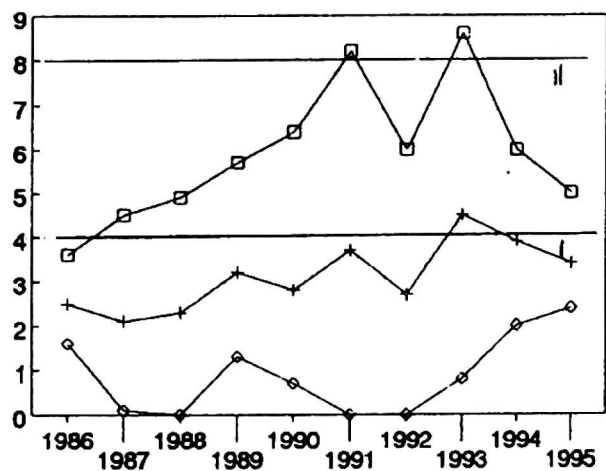
tlen rozpuszczony [ $\text{mgO}_2/\text{l}$ ]



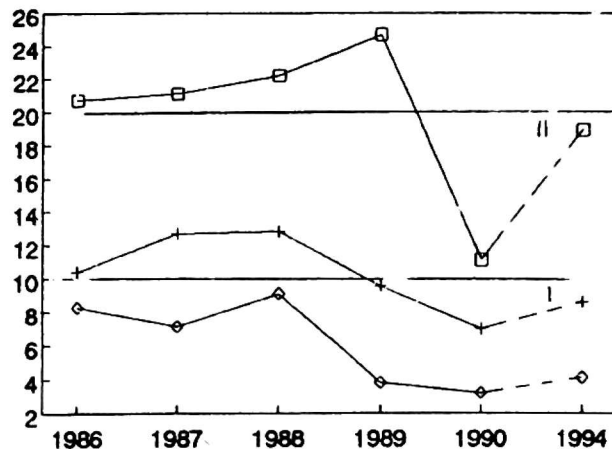
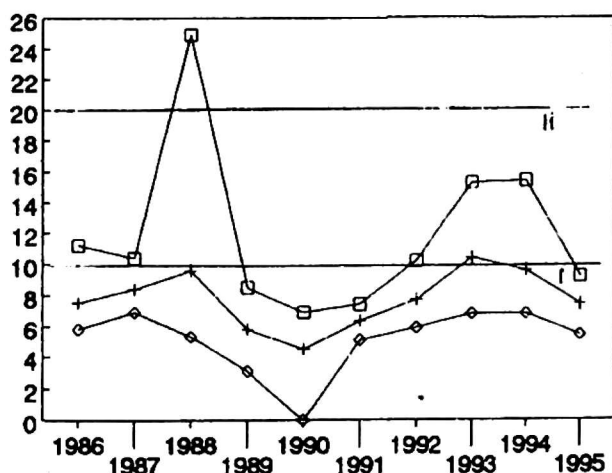
### MASKAWA - DZIERŻNICA



BZT<sub>5</sub> [ $\text{mgO}_2/\text{l}$ ]

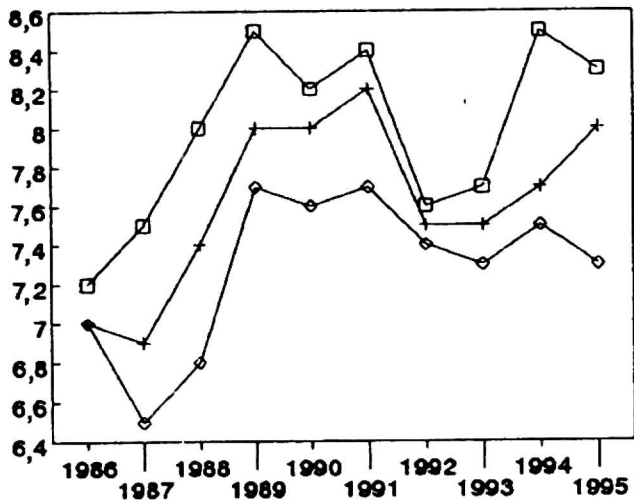


utlenialność [ $\text{mgO}_2/\text{l}$ ]

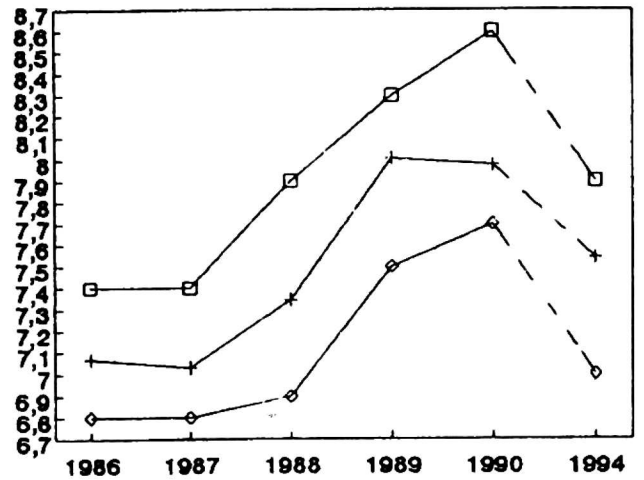


RYSUNEK 5. Maksymalne ( $\square$ ), średnie (+) i minimalne ( $\diamond$ ) roczne wartości oznaczeń tlenu rozpuszczonego, BZT<sub>5</sub> i utlenialności w wodach rz. Strugi Dormowskiej w Gorzynie i rz. Maskawy w Dzierżnicy

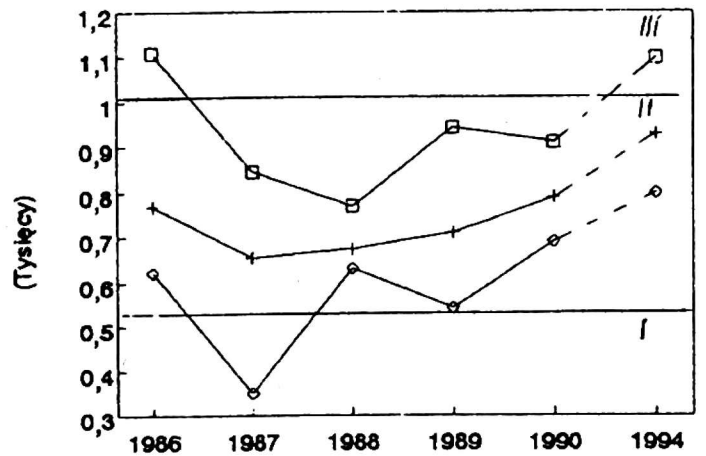
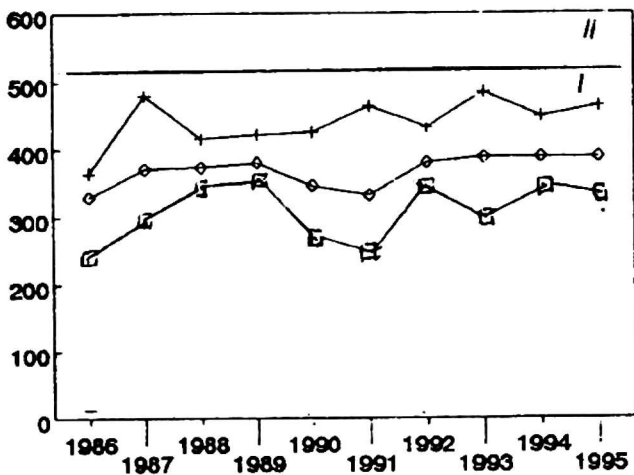
**STRUGA DORMOWSKA - GORZYŃ**  
- odczyn [pH]



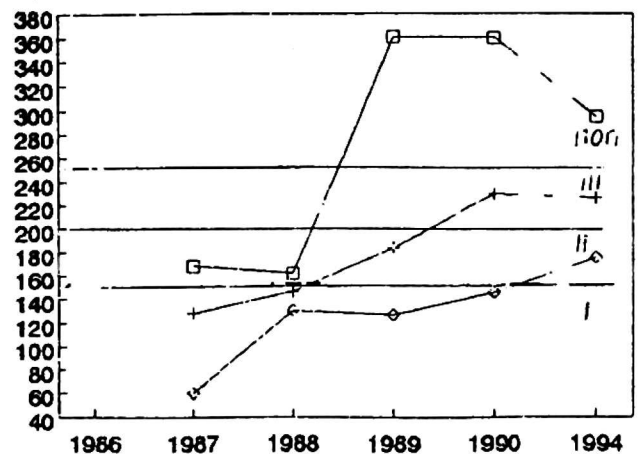
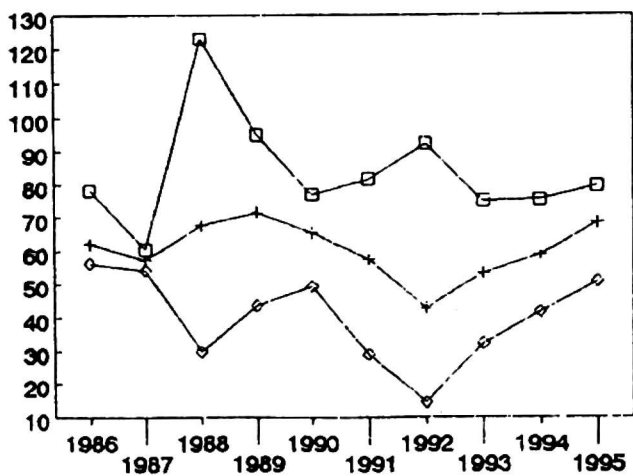
**MASKAWA - DZIERŻNICA**



**sucha pozostałość [mg/l]**



**siarczany [mgSO<sub>4</sub>/l]**

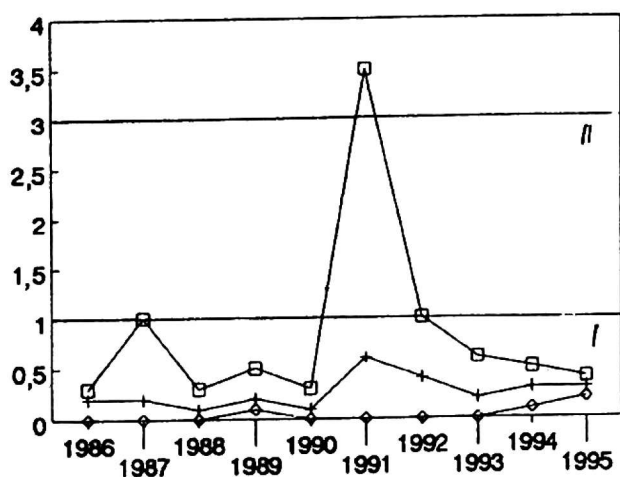


RYSUNEK 6. Maksymalne (□), średnie (+) i minimalne (◇) roczne wartości oznaczeń odczynu, suchej pozostałości i siarczanów w wodach rz. Strugi Dormowskiej w Gorzynie i rz. Maskawy w Dzierżnicy



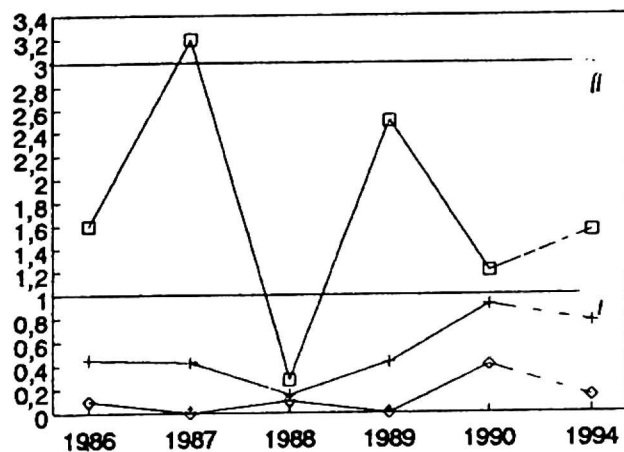
### STRUGA DORMOWSKA - GORZYŃ

azot amonowy [mgN-NH<sub>4</sub>/l]

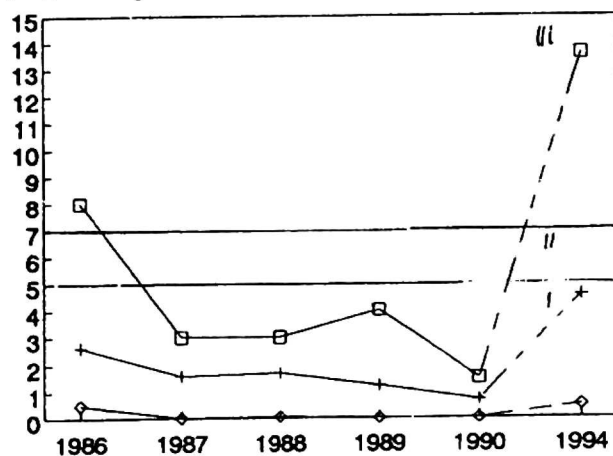
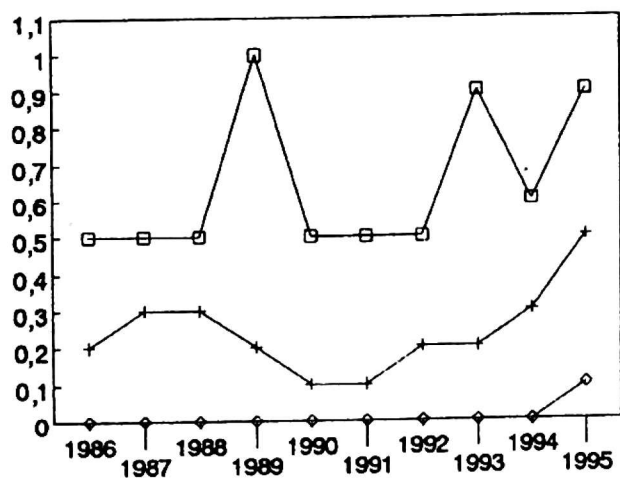


### MASKAWA - DZIERŻNICA

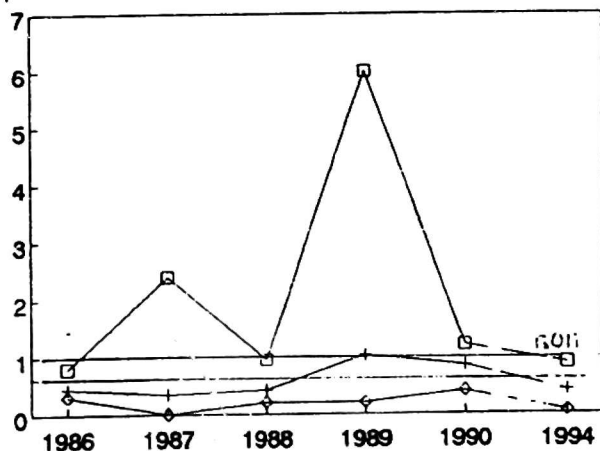
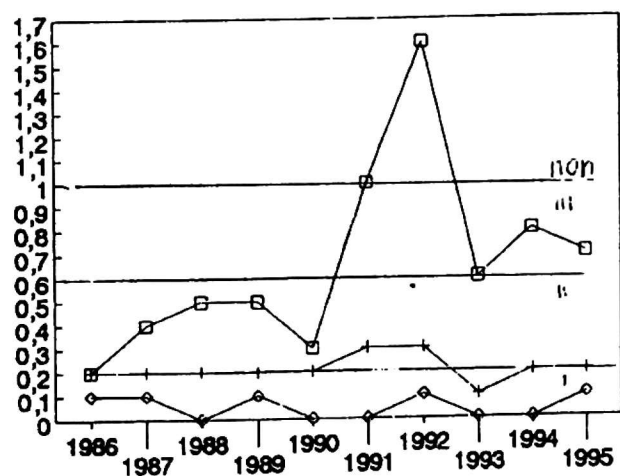
azot amonowy [mgN-NH<sub>4</sub>/l]



azot azotanowy [mgN-NO<sub>3</sub>/l]



fosforany [mgPO<sub>4</sub>/l]



RYSUNEK 7. Maksymalne (□), średnie (+) i minimalne (◇) roczne wartości oznaczeń azotu amonowego, azotu azotanowego i fosforanów w wodach rz. Strugi Dormowskiej w Gorzynie i rz. Maskawy w Dzierżnicy

buforowe (lasy i zadrzewienia) wzdłuż Strugi Dormowskiej przechwytyją prawdopodobnie większość zanieczyszczeń spływających z pól uprawnych.

W wodach Strugi Dormowskiej stężenia siarczanów, utrzymujące się w granicach 15–125 mg SO<sub>4</sub>/l, mieściły się w całości w I klasie (rys. 6), w wodach Maskawy zaś stężenia siarczanów zmieniały się w szerokim zakresie, 56–368 mg SO<sub>4</sub>/l. Przeważały jednak wartości z przedziału od 130 do 230 mg SO<sub>4</sub>/l (klasa I – 1987 i 1988, II – 1989, III – 1990, 1994 r.). Zaobserwowany wzrost zawartości siarczanów od 1989 r. w wodach Maskawy spowodowany był zwiększającym się udziałem ścieków bytowo-gospodarczych w ogólnym odpływie ze zlewni, jak również niekorzystnym wymywaniem siarczanów z gleby.

Stwierdzono także wzrost stężenia siarczanów przy jednoczesnym zmniejszeniu się stężenia azotanów, co mogło być spowodowane denitryfikacją w obecności i H<sub>2</sub>S w warunkach beztlenowych, panujących w osadach dennych i w ich sąsiedztwie (strefie przydennej).

Sucha pozostałość w wodach Strugi Dormowskiej (rys. 6) występowała w przeciętnych ilościach, (od 330 do 390 mg/l), co świadczy o średnim zmineralizowaniu tych wód, natomiast stopień zmineralizowania wód Maskawy był dwukrotnie wyższy i wzrastał stopniowo w kolejnych latach od 650 do 930 mg/l.

### Podsumowanie i wnioski

W pracy przedstawiono reżim wodny i zmiany jakości wód w dwóch, różniących się zdolnościami retencyjnymi zlewniach Wielkopolski. Badany okres

(1986–1995) charakteryzował się nieznacznie wyższymi średnimi rocznymi sumami opadów atmosferycznych i również nieznacznie wyższą średnią roczną temperaturą powietrza, co pozwala w konsekwencji zaliczyć to 10-lecie do średnich. Porównanie sum rocznych opadów atmosferycznych i średnich rocznych temperatur powietrza w badanym okresie i w latach 1848–1995 (od początku pomiarów meteorologicznych w Poznaniu) nie wskazuje na występowanie „efektu cieplarnianego”.

W badanym 10-leciu wystąpił znaczący spadek retencji wodnej w obu zlewniach, przy czym w zlewni Maskawy był on 2,5-krotnie większy ( $\Delta R = -269$  mm) niż w zlewni Strugi Dormowskiej ( $\Delta R = -105$  mm). Zróżnicowanie to wynika z różnych zdolności retencyjnych obu zlewni – Maskawa ma małe zdolności retencyjne, natomiast Struga Dormowska duże.

Wody Strugi Dormowskiej na kontrolowanym odcinku były mało zanieczyszczone. Średnie roczne wartości badanych wskaźników mieściły się w I i II klasie czystości. Poszczególne wskaźniki wykazywały jednak wyraźne zmiany w kolejnych latach. Normy dla II klasy czystości wód przekraczane były przez wartości minimalne roczne tlenu rozpuszczonego i sporadycznie przez maksymalne wartości BZT<sub>5</sub>, ChZT-Mn, fosforanów. Jakość wody Strugi Dormowskiej w ostatnim 10-leciu nie uległa istotnym zmianom, mimo 65% udziału gruntów ornych w całkowitej powierzchni zlewni, najprawdopodobniej dzięki naturalnym barierom (jeziora, stawy rybne i ekosystemy buforowe wzdłuż Strugi Dormowskiej i je-

zior) przechwytyjącym w znacznym stopniu zanieczyszczenia obszarowe spływające z pól uprawnych.

Woda rzeki Maskawy w Dzierżnicy zanieczyszczona była punktowo (ścieki komunalne z miejscowości Nekla oraz ścieki z masarni i rozlewni wód gazowanych) i przez zanieczyszczenia obszarowe (60% powierzchni zlewni zajmowały grunty orne). Jakość wody w tym cieku utrzymywała się zwykle w III klasie, sporadycznie przechodziła do pozaklasowej. Normy III klasy czystości wód przekraczane były przez wartości maksymalne roczne stężeń fosforanów, azotu amonowego i siarczanów oraz przez wartości minimalne roczne stężenia tlenu rozpuszczonego.

## Literatura

- KOSTURKIEWICZ A., MILER A., MURATOWA S. 1992: *Gospodarka wodna i jakość wód w małych zlewniach stawowych w regionie Wielkopolski*. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Melioracja, 40/211; 145–168.
- MILER A. 1994: *Modelowanie matematyczne zdolności retencyjnych małych zlewni nizinnych*. Roczn. AR, Rozp. Nauk., Zesz. 258.

MURATOWA S., MILER A. 1993: *Tendencje zmian jakości wody w małych ciekach nizinnych na przykładzie Strugi Dormowskiej*. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Inżynieria Środowiska, 3/232; 277–285.

MURAT-BŁAŻEJEWSKA S. 1995: *Water quality and stream flows in small lowland rivers in the Wielkopolska region*. Proceed. of the Intern. Conf. Hydrological Processes in the Catchment, Kraków, 437–444.

Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 5.11.1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub ziemi. Dz.U. nr 116, poz. 503 z dn. 16.12.1991.

WOŚ A. 1994: *Klimat Niziny Wielkopolskiej*. Wydaw. Nauk. UAM, Poznań.

WOŚ D. 1989: *Ocena potencjalnych zasobów wodnych dorzecza Warty*. Ser. Geogr. 46, Wydaw. UAM, Poznań.

Zbiór Polskich Norm 1979: *Woda i ścieki*. Wydaw. Normalizacyjne, Warszawa.

### Adres autorów

A. Miler, S. Murat-Błażejewska  
Katedra Melioracji Rolnych i Leśnych, AR w Poznaniu,  
60-625 Poznań, ul. Wojska Polskiego 71 F