

KOSZALIN — USTRONIE MORSKIE — 1997

na temat KOMPLEKSOWE I SZCZEGÓŁOWE
PROBLEMY INŻYNIERII ŚRODOWISKA

Prognoza stanu i składu zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych małej zlewni nizinnej

*Antoni Miler, Sadzide Murat-Błazejewska
Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza, Poznań*

*Recenzent: Zofia Ewertowska
Politechnika Koszalińska*

1. Wstęp

Wielkopolska jest obszarem o znacznych niedoborach wody (np. zaznaczających się w rolnictwie nawet w latach przeciętnych i mokrych dla upraw o większych wymaganiach wilgotnościowych), które dodatkowo ulegają stałemu pogłębianiu (Kaniecki 1982, Woś 1989, Miler 1994). W związku z tym rozpoznanie i prognoza jakości i ilości wód powierzchniowych ma w tym regionie bardzo ważne znaczenie nie tylko poznawcze ale i użytkowe.

W niniejszej pracy przedstawiono syntetycznie wyniki kompleksowych dziesięcioletnich badań w zlewni Strugi Dormowskiej - małej zlewni reprezentatywnej dla Wielkopolski, koncentrując się w analizach nad zagrożeniem jakości wód powierzchniowych.

2. Materiały i metody

Kompleksowe badania terenowe będące podstawą niniejszej pracy prowadzono w okresie 10-ciu lat (1986-1995) w małej zlewni Strugi Dormowskiej do przekroju Gorzyń (44,5 km²), położonej w północno-zachodniej części Pojezierza Wielkopolskiego, w okolicy Międzychodu.

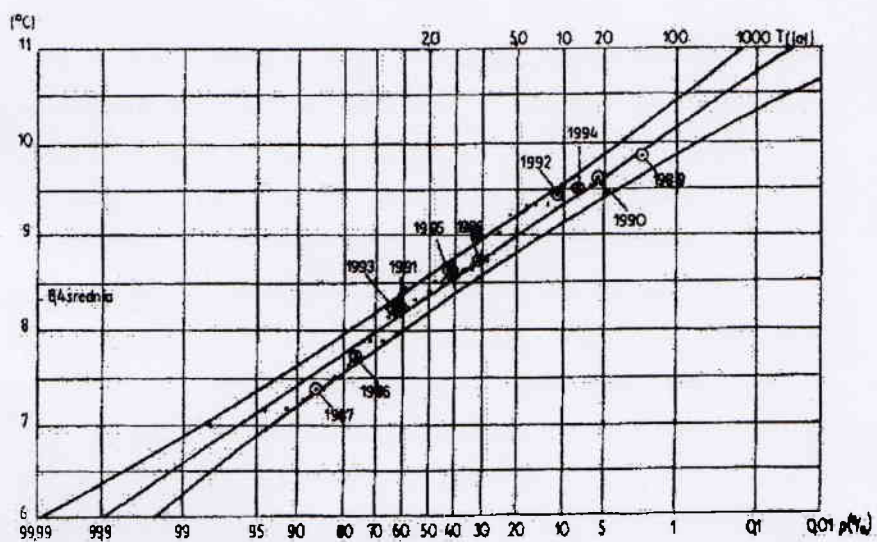
W ramach badań wykonywano m.in. obserwacje i pomiary hydro-meteorologiczne oraz pobierano próbki wody z cieków i wód stojących. Fizyko-chemiczne analizy wód obejmowały oznaczenia wskaźników i składników charakteryzujących właściwości fizyczne (pH, temperatura), warunki tlenowe (zawartość tlenu rozpuszczonego, BZT₅, stężenie substancji organicznych (CHZT, sucha pozostałość lotna, czyli straty przy prażeniu), obecność biogenów (związki azotu i fosforu) oraz skład

mineralny (zawartość Ca, Mg, Na, K, Fe, Cl⁻, SO₄²⁻). Podstawą do określania właściwości fizyczno-chemicznych wód Strugi Dormowskiej były ww. próbki wody pobierane raz w miesiącu. Próbkę pobierano z jeziora Gorzyńskiego, stawu rybnego „Edward”, cieku: przekroju Gorzyń, Młynisko i Dormowo oraz jeziora Dormowskiego, odpowiednio na 9, 10, 10,3, 11, 15, 16,5 km biegu Strugi Dormowskiej licząc od ujścia do Warty. Inwentaryzację zanieczyszczeń punktowych i obszarowych przeprowadzono na podstawie wizji lokalnych w terenie i dokumentację Urzędu Gminnego w Międzychodzie.

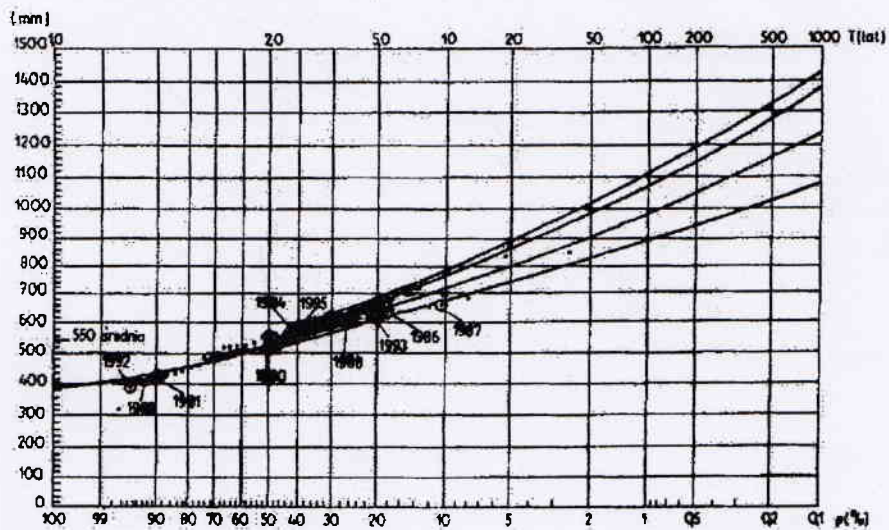
Do badania długookresowych zmian jakości wody szczególnie przydatne są cieki, których zlewnie charakteryzują się wysoką jeziornością, bowiem występujące w tym przypadku znaczne wyrównanie przepływów wody i koncentracji zanieczyszczeń, umożliwia mniejszą częstotliwość pobierania próbek wody do analiz (Muratowa, Miler 1993). Objęta badaniami zlewnia Strugi Dormowskiej oprócz znacznej jeziorności (około 2% pow. zlewni zajmują wody stojące) ma pozostałe parametry fizyczno-geograficzne zbliżone do innych zlewni Wielkopolski a mianowicie: średni spadek powierzchni 10,6 ‰, gęstość sieci rzecznej 0,6 km/km², zalesienie 23,6 % oraz 76 % gleb słabo gliniastych. Łączna powierzchnia jezior, stawów rybnych i oczek wodnych w zlewni wynosi 93,7 ha. Zawiera ona: 5 jezior - Dormowskie (rynnowe 26,9 ha), Łowiańskie (nieckowate 24,4 ha), Głębokie (rynnowe 10,5 ha), Płytkie (nieckowate 9,5 ha) i Dormowskie Małe (2,6 ha) oraz 3 kompleksy stawów - „Wilki” (11 stawów, 7,5 ha), „Trzy Dęby” (8 stawów, 3,7 ha) i „Przy Jeziorze” (6 stawów, 4,2 ha). Pozornie małe lecz liczne zbiorniki wodne mają na tyle znaczącą zdolność retencyjną, iż w wielu przypadkach skutecznie chronią przed szkodliwymi skutkami zarówno nadmiarów jak i niedoborów wody. Dodatkową zaletą tych zbiorników, szczególnie docenianą w ostatnim okresie, jest samooczyszczanie się wód przez nie przepływających.

Ocena warunków meteorologicznych w okresie badań przeprowadzona na podstawie rozkładów prawdopodobieństwa sum rocznych opadów atmosferycznych oraz średnich rocznych temperatur powietrza wykazała, iż badany okres można traktować za reprezentatywny, jako że występowały zarówno lata suche (1989, 1991, 1992), średnie (1986, 1990, 1993, 1995) i mokre (1987, 1988, 1994) - rys.1 i 2.

Zlewnia Strugi Dormowskiej, w związku z dużą jeziornością, charakteryzuje się wyrównanym lecz niezbyt dużym odpływem - średni odpływ jednostkowy w badanym dziesięcioleciu wynosił 2,09 l/s-km², a współczynnik odpływu 0,13.



Rys. 1. Rozkład prawdopodobieństwa średnich rocznych temperatur powietrza dla stacji Gorzeń w latach 1959÷95



Rys. 2. Rozkład prawdopodobieństwa sum rocznych opadów atmosferycznych dla stacji Gorzeń w latach 1959÷95

3. Wyniki i dyskusja

Do charakterystyki stanu czystości wód Strugi Dormowskiej wykorzystano głównie wyniki analiz próbek wody pobranych w przekroju Gozryń, oraz częściowo w innych przekrojach charakterystycznych (wzdłuż ciek, w stawach rybnych i jeziorach). Podstawą oceny jakości badanych wód było Rozporządzenie ... (1991), dotyczące dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń śródlądowych wód powierzchniowych.

Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że badane wody odpowiadają normom I i II klasy czystości, sporadycznie przechodząc do III klasy i poza nią. Wody Strugi Dormowskiej charakteryzowały się naturalnym, lekko alkalicznym odczynem (pH 7,2÷8,5). Wartości średnie niektórych wskaźników zmieniały się istotnie wzdłuż biegu rzeki: zawartość tlenu rozpuszczonego (z 10,3 do 8,0 mg O₂/l), sucha pozostałość (z 343 do 388 mg/l) i wapń (z 72,7 do 94,0 mg Ca/l). Wahania zawartości substancji organicznych w rozpatrywanym okresie były niewielkie (CHZT_{Mn} 4,0÷14,2 mg O₂/l), a tuż za stawami rybnymi od niskiej wartości 7,0 na wiosnę do wysokiej 32,5 mg O₂/l w miesiącach jesienno-zimowych. Badane wody zawierały substancje biogenne w dość niskich stężeniach. Przykładowo średnie stężenie azotu amonowego wahało się w granicach 0,2÷0,4 mg NH₄/l, azotu azotanowego 0,1÷0,3 mg NO₃/l a fosforanów 0,1÷0,2 mg PO₄/l. Istotny wpływ na taki stan rzeczy mogą mieć naturalne bariery (jeziora, stawy rybne i zbiornik retencyjny oraz lasy i zadrzewienia wzdłuż ciek) charakteryzujące się dużą chłonnością biogenów (Bartoszewicz 1994). Spośród składników występujących w formie kationowej w wodach Strugi Dormowskiej zdecydowanie dominował wapń i magnez (63% i 21% sumy kationów). Średni poziom stężenia wapnia zmieniał się wzdłuż ciek (73÷94 mg Ca/l). Wyniki te potwierdzają wnioski z przeprowadzonej inwentaryzacji zanieczyszczeń w badanej zlewni, że wody Strugi Dormowskiej nie są narażone na dopływy zanieczyszczeń komunalnych czy przemysłowych.

Generalnie wody Strugi Dormowskiej na kontrolowanym odcinku były mało zanieczyszczone - średnie roczne wskaźniki mieściły się w I i II klasie czystości, wykazywały jednak wyraźne zmiany w kolejnych latach badań (rys. 3÷9).

Koncentracja zanieczyszczeń w wodach Strugi Dormowskiej wykazywała wyraźną cykliczność roczną z nakładającymi się trendami czasowymi i „szumem losowym”. Podjęta analiza trendów czasowych

składu i stanu zanieczyszczeń oraz natężenia i temperatury wody wykazała, iż dla niektórych parametrów istnieją statystycznie istotne (na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ przy liczebności próby $N = 122$) niestacjonarności. Analiza trendów polegała na testowaniu hipotez o zerowym nachyleniu prostych regresji, wyrażających zmiany parametrów w czasie. Metodę tę polecają m.in. McBean i Rovers (1984). Uzyskane wyniki zestawiono syntetycznie w tabeli 1.

Parametry określające jakość wód (ich odpowiednie stężenia), przepływ oraz temperaturę wody w cieku Struga Dormowska były formalnie w 58 przypadkach na 210 możliwych istotnie ze sobą skorelowane. Uzyskane współczynniki korelacji są jednak generalnie bezwzględnie małe - tylko w 9 przypadkach $\geq 0,5$ (istotność statystyczna wynika z faktu, iż dla liczebności próby 122 i zwykle przyjmowanego poziomu istotności 0,05 wartość krytyczna współczynnika korelacji wynosi poniżej 0,197) - tabela 2.

Ustalenie zależności między stężeniem poszczególnych składników a natężeniem przepływu wody jest istotne dla identyfikacji źródeł pochodzenia tych składników oraz prognozowania stanu czystości wód. Jednakże przykładowo wpływ temperatury wody na stężenia składników był podobnego rzędu co wpływ przepływu. Zmniejszanie się stężenia azotanów w wodzie w okresie letnim (wyższe temperatury) należy wiązać z sorpcją biologiczną przez rośliny zarówno w zlewni, jak i w cieku oraz w stawach.

Wapń ulegał najprawdopodobniej wytrącaniu wskutek poboru CO_2 przez rośliny w procesie fotosyntezy. Objawiało się to nie tylko spadkiem stężenia jonów Ca^{+2} ale także pokrywaniem powierzchni podwodnych części roślin kremowym nalotem kredy jeziornej (CaCO_3). Wzrost stężenia fosforanów przy spadku stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie może wynikać z uwalniania się tych rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych, szczególnie w strefie przydennej.

Poprawa warunków tlenowych w toni stawu sprzyjała zapewne utlenianiu zredukowanych związków siarki (H_2S z anaerobowej strefy przydennej) do siarczanów, co powodowało wzrost ich stężenia w badanej wodzie. Drugim czynnikiem wywołującym ten sam skutek był wzrost natężenia przepływu w cieku.

Zwiększone prędkości przepływu wody uruchamiały niewątpliwie gnijące osady denne, a wydzielający się z nich siarkowodor był utleniany do siarczanów. Zwiększone stężenie siarczanów w miarę wzrostu przepływów może świadczyć również o dopływie zanieczyszczeń ob-

szarowych (z opadów atmosferycznych oraz obszarów użytkowanych rolniczo), przy zwiększonych przepływach.

Tabela 1. Trendy czasowe w zmianach składu i stanu zanieczyszczeń oraz natężenia i temperatury wody (trend istotny ($\alpha=0,05$ N=122): dodatni (+), ujemny (-), nieistotny (0))

Parametr	Trend
Temperatura wody [°C]	0
Tlen rozpuszczony [mg O ₂ /l]	0
Utlenialność [mg O ₂ /l]	0
BZT ₅ [mg O ₂ /l]	+
Sucha pozostałość [mg/l]	+
Substancje organiczne [mg/l]	0
Pozostałość po prażeniu [mg/l]	0
Odczyn [pH]	+
Azot amonowy [mg NH ₄ /l]	0
Azot azotanowy [mg NO ₃ /l]	0
Azot azotynowy [mg NO ₂ /l]	0
Fosforany [mg PO ₄ /l]	0
Twardość	0
Wapń [mg/l]	0
Magnez [mg/l]	0
Sód [mg/l]	0
Potas [mg/l]	0
Siarczany [mg/l]	-
Chlorki [mg/l]	+
Żelazo [mg/l]	0
Przepływ [l/s·km ²]	-

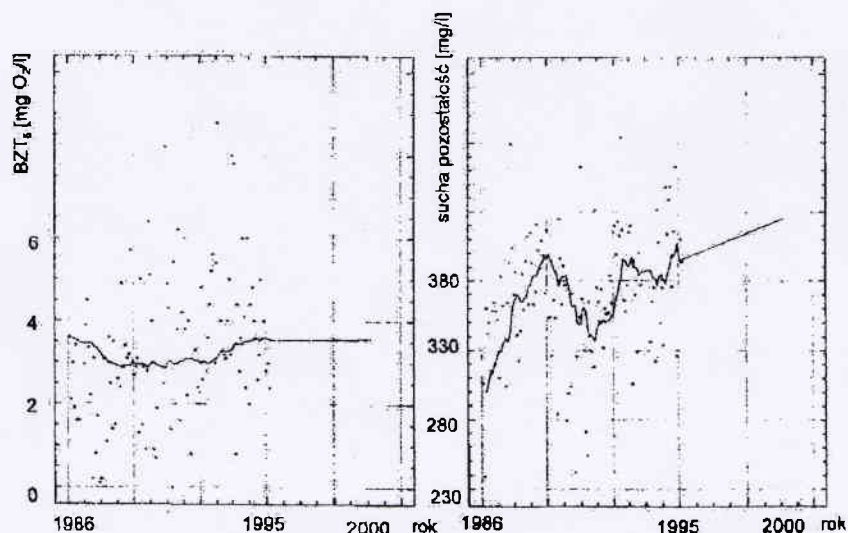
Uzyskane serie czasowe ww. parametrów określających skład i stan zanieczyszczeń oraz natężeń i temperatur wody poddano procedurze wykładniczego wygładzania Brown'a z jednoczesną liniową prognozą zmian do roku 2000. W tym celu wykorzystano pakiet statystyczny Statgraf. Współczynniki wygładzania przyjęto arbitralnie na poziomie 0,01 i 0,05. Uzyskane rezultaty przedstawione są na rys. 3÷9.

Tabela 2. Wybrane współczynniki korelacji $|r| \geq 0,50$ pomiędzy parametrami określającymi skład i stan zanieczyszczeń oraz natężeniem i temperaturą wody w cieku Struga Dormowska

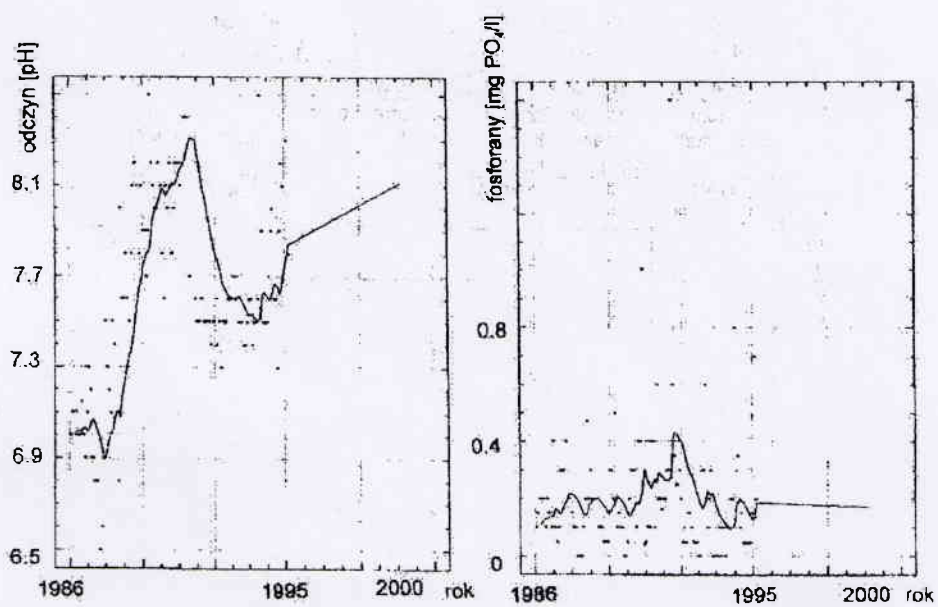
	tlen rozpuszczony [mg/l]	pozostałość po praż. [mg/l]	azotanowy [mg/l]	fosforany [mg/l]	twardość	wapń [mg/l]	siarczany [mg/l]	przepływ [l/s.km ²]
temperatura wody [°C]	-0.55		-0.70			-0.50		-0.53
tlen rozpuszczony [mg/l]				-0.51			+0.53	
sucha pozostałość [mg/l]		+0.65						
twardość						+0.83		
siarczany [mg/l]								+0.53

4. Wnioski

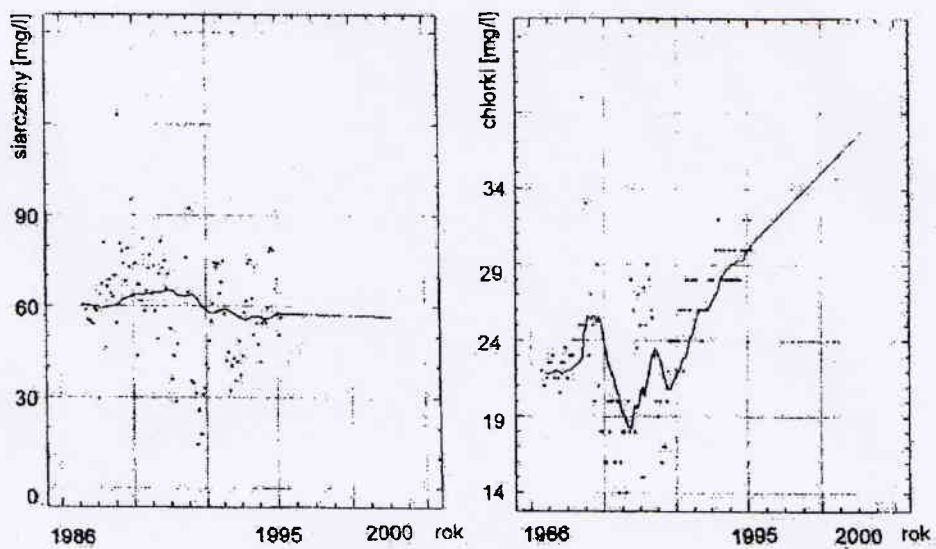
Wyniki 10-letnich badań hydrochemicznych wód Strugi Dormowskiej nie wykazały istotnego wzrostu ich trofii mimo 65% udziału gruntów omych w całkowitej powierzchni zlewni. Struktura użytkowania zlewni (szczególnie porośniętych roślinnością stref graniczących z ciekim) oraz znaczny udział wód stojących mają dodatni wpływ na stan czystości wód w cieku.



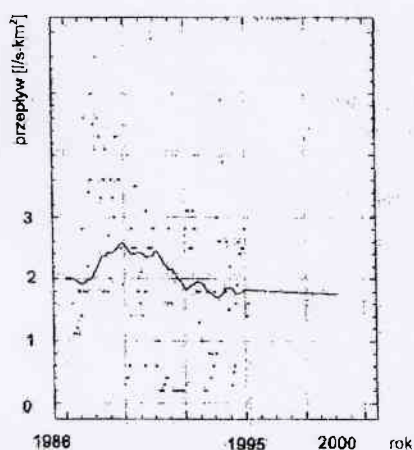
Rys. 3. współczynnik wygładzania 0,01 **Rys. 4.** współczynnik wygładzania 0,01



Rys. 5. współczynnik wygładzania 0,05 Rys. 6. współczynnik wygładzania 0,05



Rys. 7. współczynnik wygładzania 0,05 Rys. 8. współczynnik wygładzania 0,05



Rys. 3÷9. Przebieg czasowy wybranych parametrów określających skład i stan zanieczyszczeń oraz natężenie przepływów dla Strugi Dormowskiej, oznaczony w latach 1986÷95 z prognozą do roku 2000

Rys. 9. współczynnik wygładzania 0,01

Dla większości badanych wskaźników jakości w wodzie Strugi Dormowskiej nie stwierdzono w latach 1986÷95 wyraźnych trendów czasowych zmian stanu i składu zanieczyszczeń.

Korelacja pomiędzy natężeniem przepływu wody w strudze a koncentracją zanieczyszczeń była dla 8 analizowanych parametrów statystycznie istotna (na poziomie istotności 0,05 przy liczebności serii 122) lecz tylko w dwóch przypadkach dla temperatury wody (-0,53) i siarczanów (+0,53) wartości tychże współczynników były bezwzględnie większe od 0,50.

Literatura

1. **Bartoszewicz A.:** Skład chemiczny wód powierzchniowych zlewni intensywnie użytkowanych rolniczo w warunkach glebowo-klimatycznych równiny Kościańskiej. Roczn. AR, Poznań, Rozpr. nauk. zesz. 250, 1994.
2. **Kaniecki A.:** Pojemność retencyjna i zmienność zasobów wodnych małej zlewni nizinnej na przykładzie dorzecza Wrześnicy. Wyd. UAM, Poznań, 1982.
3. **McBean E.A., Rovers F.A.:** Alternatives for assessing significance of changes in concentration levels. Ground Water Monitoring Review. Summer 1984, 39-41.
4. **Miler A.:** Modelowanie matematyczne zdolności retencyjnych małych zlewni nizinnych. Roczn. AR, Poznań, Rozpr. nauk. zesz. 258, 1994.

5. **Muratowa S., Miler A.:** Tendencje zmian jakości wody w małych ciekach nizinnych na przykładzie Strugi Dormowskiej. Zesz. nauk. AR Wrocław, Inż. Środ. 3, 232, 1993, 277-285.
6. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w sprawie klasyfikacji wód i war. ... Dz. U. nr 116, poz. 503 z 5 listopada 1991r.
7. **Woś D.:** Ocena potencjalnych zasobów wodnych dorzecza Warty. Wyd. UAM, Poznań, ser. Geogr. 46, 1989.