

POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA

Z E S Z Y T Y
N A U K O W E
W Y D Z I A Ł U
B U D O W N I C T W A
I I N Ż Y N I E R I I
Ś R O D O W I S K A
NR 20

INŻYNIERIA ŚRODOWISKA



Ocena jakości wód na wybranych obszarach nizinnych o zróżnicowanym zalesieniu*

Antoni Miler

Katedra Inżynierii Leśnej

Daniel Liberacki, Dariusz Plewiński

Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza w Poznaniu

1. Wstęp

Prawidłowe kształtowanie stosunków wodnych w lasach stanowi warunek trwałej produkcji biomasy i jednocześnie warunek konieczny trwałego utrzymania lasu. Bowiem ilość wyprodukowanej biomasy jest proporcjonalna do ilości wytranspirowanej wody. Szczególnie przydatne dla badań stosunków wodnych w lasach, tak w zakresie ilości jak i jakości wód, są mikrozwlewnie – zlewnie o powierzchni do 5 km² [1]. Rola obszarów zalesionych w kształtowaniu stosunków wodnych jest generalnie znana (spłaszczanie fal wezbraniowych, podnoszenie niżówek, bariery biogeochemiczne, ograniczanie erozji etc.) m.in. [3,4,5,9]. Postuluje się jednak, szczególnie w odniesieniu do gleb leśnych z niestabilnymi stosunkami wodnymi, aby decyzje dotyczące sposobu zagospodarowania lasu, pielęgnacji czy użytkowania poprzedzać studium hydrologicznym uwzględniającym również ocenę jakości wód [10].

* Praca wykonana w ramach grantu KBN nr 5 P06H 066 16

2. Materiał i metodyka badań

Celem badań było kompleksowe przedstawienie jakości wód w dwóch mikrozwlewniach nizinnych o zróżnicowanym zalesieniu. Zlewnie położone są w centralnej części Wielkopolski, w Puszczy Zielonka oraz na jej skraju. Przy opracowywaniu charakterystyk dla badanych mikrozwlewni wykorzystano głównie własne dane zbierane od dwóch lat w ramach badań terenowych dotyczących ilości i jakości wód [5]. Ocenę jakości wód wykonano na podstawie pobieranych próbek wody z cieków (raz w miesiącu), ze studzienek – piezometrów (sezonowo – 4 razy w roku) oraz z deszczomierzy (po większych opadach). Fyzykochemiczne analizy wód obejmowały oznaczenia 20 wskaźników i składników charakteryzujących właściwości fizyczne (pH, temperatura), warunki tlenowe (zawartość tlenu), stężenia substancji organicznych (BZT₅, sucha pozostałość), obecność biogenów (związki azotu i fosforu) oraz skład mineralny (zawartość Ca, Mg, Na, K, Fe, Cl, SO₄). Analizy wody wykonywano zgodnie z „Wykazem norm z zakresu analityki wody i ścieków” [12].

3. Wyniki badań i dyskusja

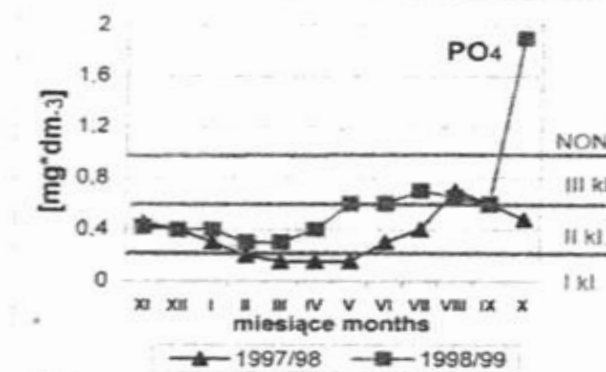
Mikrozlewnia cieków Hutka do przekroju Husta Pusta o powierzchni 52 ha jest w 89% zalesiona, a pozostałe 11% powierzchni zajmują głównie zabagnienia i nieużytki oraz nieliczne grunty orne. Zlewnia cieków Hutka ma zatem charakter typowo leśny, głównie na siedliskach boru mieszanego świeżego i boru świeżego. Dominującym gatunkiem jest sosna, ale występują także dąb, ols, modrzew i w niewielkiej ilości świerk. Natomiast mikrozwlewnia Potaszki do przekroju Potasze jest ponad dwukrotnie większa, ma powierzchnię 133 ha. Lasy zajmują tylko około 15%, grunty orne i użytki zielone około 85% powierzchni zlewni [6].

W okresie badań w latach hydrologicznych 1997/98 i 1998/99 przebieg warunków meteorologicznych można uznać zbliżony do przeciętnych. Prawdopodobieństwo sum rocznych opadów atmosferycznych wraz z wyższymi wynosiło odpowiednio 25 i 38% (rozkład Pearsona III typu), przy średnich rocznych temperaturach wyższych o 7 i 10% od wartości średnich wieloletnich [6].

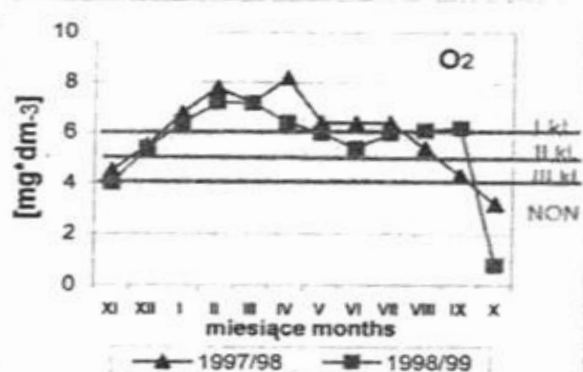
Stężenia siarczanów, żelaza, związków azotu (azotanowego i amonowego), pięciodobowego biochemicznego zapotrzebowania na tlen, odczynu, twardości, wapnia, magnezu, chlorków, suchej pozostałości, sodu i potasu kwalifikują w ciągu całych lat hydrologicznych 1997/98 i 1998/99 wody w obu badanych ciekach do pierwszej klasy czystości (Rozporządzenie Ministra OŚZNiL [7]) (tabela 1). Zawartość tlenu rozpuszczonego i stężenie fosforanów rozpuszczonych w wodach cieków Potaszka w ciągu całego roku kwalifikuje te wody do pierwszej klasy czystości. Natomiast w wodach cieków Hutka w miesiącach letnich i jesiennych odnotowano bardzo małe zawartości tlenu rozpusz-

czonego oraz bardzo duże ilości fosforanów (woda pozaklasowa) (rys. 1). Wzrost stężenia fosforanów przy jednoczesnym spadku zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie może wynikać z uwalniania się tych rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych [2]. Sprzyja tym procesom stosunkowo mała prędkość przepływu wody w cieku Hutka oraz ograniczone oddziaływanie wiatru wskutek dużego zalesienia zlewni.

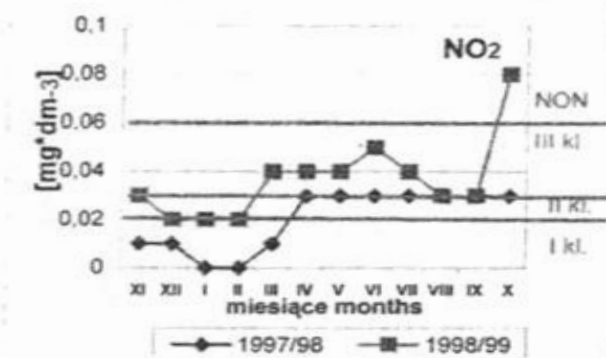
W wodzie cieku Hutka w obu badanych latach oraz w cieku Potaszka w roku hydrologicznym 1998/99 odnotowano wzrost stężenia azotynów (efemerycznie przechodzenie nawet do jakości nie objętej normą) (rys. 1).



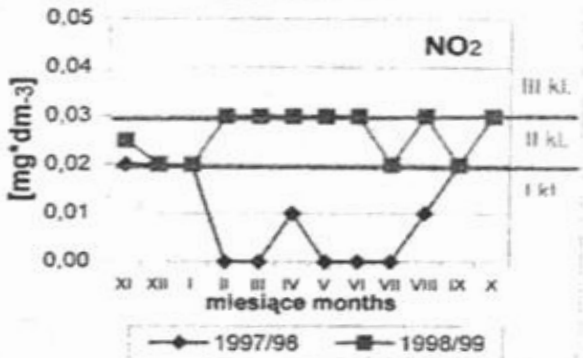
Wody cieku Hutka
Water of the Hutka river



Wody cieku Hutka
Water of the Hutka river



Wody cieku Hutka
Water of the Hutka river



Wody cieku Potaszka
Water of the Potaszka river

Rys. 1. Przebiegi czasowe miesięcznych wartości fosforanów (PO_4), tlenu rozpuszczonego (O_2) i azotynów (NO_2) w cieku Hutka oraz azotynów (NO_2) w cieku Potaszka w latach hydrologicznych 1997/98 i 1998/99

Fig. 1. Time series of monthly values of phosphates (PO_4), dissolved oxygen (O_2) and nitrite nitrogen (NO_2) in the Hutka river, and nitrite nitrogen (NO_2) in the Potaszka river in hydrological years 1997/98 and 1998/99

Tabela 1. Wskaźniki jakości wody

Table 1. Indexes of water quality

Parametry Parameters	Rodzaje wód											
	Wody ciekłe Hutka Water of the Hutka river		Wody ciekłe Potaszka Water of the Potaszka river		Wody gruntowe na obszarach zalesionych Groundwater on afforested areas		Wody gruntowe na obszarach bezdęśnych Groundwater on areas without of afforestation		Wody w oczkach wodnych Water of the small ponds		Opad atmosferyczny Precipitation	
Statystyki Statistics X $+95-95$ σ X												
Siarczany Sulphates [mg SO ₄ /dm ³]	63,0 53,8	20,8 72,3	87,8 81,3	14,1 94,2	113,3 77,2	129,9 149,5	108,5 88,5	95,4 128,5	37,0 24,7	25,6 49,3	5,6 1,2	2,7 9,9
Zelazo Iron [mg Fe/dm ³]	0,31 0,23	0,18 0,39	0,20 0,16	0,09 0,24	1,12 0,84	0,99 1,40	2,26 1,71	2,66 2,82	0,17 0,08	0,17 0,25	0,13 0,11	0,03 0,15
Azot azotanowy Nitrate nitrogen [mg N-NO ₃ /dm ³]	0,43 0,33	0,20 0,52	0,20 0,14	0,13 0,26	0,80 0,47	1,17 1,13	2,93 1,48	6,94 4,39	0,27 0,17	0,22 0,38	0,68 0,31	0,48 1,1
Azot azotynowy Nitrite nitrogen [mg N-NO ₂ /dm ³]	0,03 0,02	0,02 0,04	0,02 0,01	0,01 0,025	0,06 0,05	0,04 0,07	0,07 0,05	0,08 0,08	0,02 0,01	0,01 0,03	0,03 0,02	0,01 0,04
Azot amonowy Ammoniacal nitrogen [mg N-NH ₄ /dm ³]	0,21 0,16	0,10 0,25	0,10 0,08	0,05 0,12	1,04 0,70	1,20 1,37	1,51 0,91	2,84 2,10	0,21 0,07	0,29 0,35	0,59 0,26	0,40 0,92
Fosforany Phosphates [mg PO ₄ /dm ³]	0,48 0,32	0,36 0,64	0,12 0,09	0,07 0,15	1,48 0,40	3,90 2,57	3,51 2,33	5,67 4,70	0,21 0,15	0,12 0,26	0,20 0,08	0,10 0,32

Oznaczenia: notation: X - średnia arytmetyczna average, σ - odchylenie standardowe standard deviation,

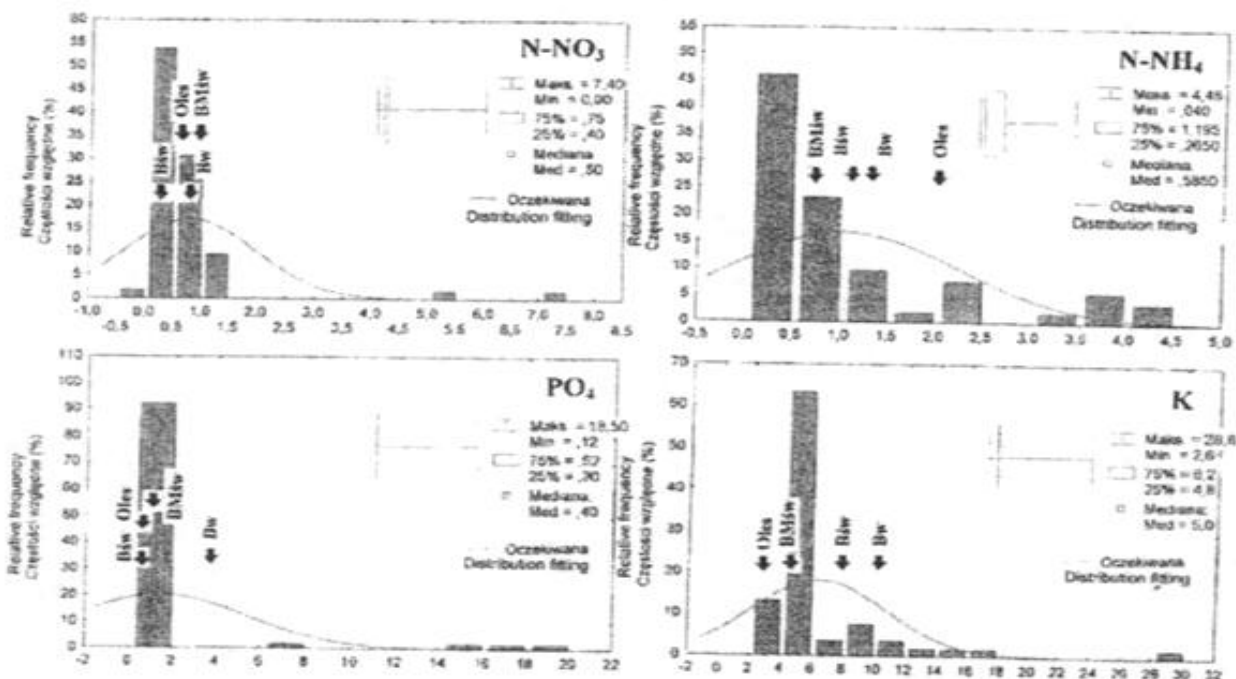
+95 -95 - poziom ufności confidence level - 95 %, +95 %, X - średnia w latach 1973÷74, mean in 1973÷74

Tabela 1. cd. Wskaźniki jakości wody
Table 1. cont. Indexes of water quality

Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen [mg O ₂ /dm ³]	5,8 1,7 5,1 6,6	10,3 1,3 9,7 10,9	-	-	-	-	-
BZT ₅ BOD ₅ [mg O ₂ /dm ³]	1,6 0,8 1,3 1,9	1,9 0,7 1,6 2,1	-	-	-	-	-
Odczyn Reaction PH [-]	7,6 0,2 7,5 7,7 7,8	7,8 0,2 7,75 7,9 7,9	7,0 0,5 6,9 7,2	7,1 0,5 7,0 7,2	7,5 0,3 7,4 7,6	6,9 0,2 6,8 7,1	-
Twardość Hardness [mval/dm ³]	4,8 0,3 4,7 5,0	6,3 0,3 6,2 6,5	4,3 3,0 3,4 5,1	4,7 3,5 4,0 5,5	3,6 0,8 3,2 3,9	1,0 0,4 0,6 1,3	-
Wapń Calcium [mg Ca/dm ³]	81,9 4,3 80,0 83,8 57,4	105,1 6,8 102,0 108,2 68,4	80,5 78,5 58,7 102,4	86,5 56,7 74,7 98,4	56,2 13,4 49,8 62,7	7,3 3,5 3,6 11,0	-
Magnez Magnesium [mg Mg/dm ³]	9,3 2,7 8,1 10,5 8,3	12,9 2,2 11,9 13,9 14,5	10,9 7,1 8,9 12,9	12,6 14,3 9,6 15,6	9,3 2,9 7,9 10,7	4,1 2,3 1,3 7,0	-
Chlorki Chlorides [mg Cl/dm ³]	17,2 1,9 16,4 18,1 10,3	24,6 3,0 23,3 26,0 21,6	34,0 37,6 23,6 44,5	30,2 34,2 23,0 37,4	39,9 11,2 34,5 45,3	9,3 6,6 3,7 14,8	-
Sucha pozostałość Solid residue [mg/dm ³]	350,4 49,4 328,5 372,3	441,7 41,2 423,0 460,4	-	-	449,4 392,8 260,1 638,7	-	-
Sód Sodium [mg Na/dm ³]	9,8 1,6 9,1 10,5	10,4 1,2 9,8 10,9	22,6 12,9 19,0 26,2	16,5 17,2 12,9 20,1	11,9 3,5 10,2 13,5	4,1 2,1 2,1 6,0	-
Potas Potassium [mg K/dm ³]	1,3 0,2 1,2 1,4	1,7 1,6 1,0 2,4	6,4 4,4 5,2 7,6	11,3 15,2 8,2 14,5	21,2 12,6 15,1 27,3	2,8 2,9 0,0 5,8	-

W oczkach wodnych, nie mających bezpośredniego połączenia z ciekim Potaszka (o ograniczonych możliwościach samooczyszczania się), jakość wód była zgodnie z oczekiwaniem zdecydowanie gorsza niż w samym cieku (maksymalne stężenia azotynów, fosforanów, potasu i azotu amonowego kwalifikowały wody w oczkach od II klasy czystości do pozaklasowych) (tab. 1 i [6]).

Parametry jakości próbek wody pobranych z wód opadowych, z dużych opadów atmosferycznych, wskazują na znaczące ilości azotu azotynowego (II/III kl.) i fosforanów (efemerycznie II kl.) (tab. 1).



Rys. 2. Rozkłady związków biogenych: azotu azotanowego (N-NO₃), azotu amonowego (N-NH₄), fosforanów (PO₄) i potasu (K) w wodach gruntowych na siedliskach leśnych: boru świeżego (Bśw), boru mieszanego świeżego (BMśw), boru wilgotnego (Bw) i olesu (Oles)

Fig. 2. Distribution of nutrients: nitrate nitrogen (N-NO₃), ammonia nitrogen (N-NH₄), phosphates (PO₄) and potassium (K) in groundwater on forest habitats: fresh coniferous forest (Bśw), fresh mixed coniferous forest (BMśw), moist coniferous forest (Bw) and alder swamp forest (Oles)

Odmienne niż jakość wód w ciekach kształtuje się jakość wód gruntowych w badanych mikrozewniach. Na podstawie wartości średnich wskaźników jakości wód (Wskazówki metodyczne ... [11]) można generalnie stwierdzić, iż wody gruntowe w zalesionej zlewni Hutki mają lepszą jakość niż wody gruntowe ekstensywnie użytkowanej rolniczo zlewni Potaszki (tab. 1). Dominujące zanieczyszczenia w tychże wodach to biogeny (N, P, K), przy czym wody gruntowe Hutki można zaliczyć do III klasy jakości wód podziemnych.

a Potaszki do wód pozaklasowych. Stosunkowo lekkie gleby zlewni Potaszki mogą być przyczyną łatwego wymywania związków pokarmowych z wierzchnich warstw i gromadzenia się ich w wodzie gruntowej (podobne wyniki uzyskał Ryszkowski [9]). Powyższe różnice w jakości wód gruntowych obu zlewni istnieją, pomimo iż w ostatnich latach nastąpiła bardzo duża redukcja, związana z małą opłacalnością rolnictwa, w stosowaniu nawozów na gruntach użytkowanych rolniczo zlewni Potaszki. Można sformułować hipotezę, iż silnie interakcyjne współdziałanie topografii terenu, właściwości gleb (w tym warstwy próchnicznej), roślinności, warunków pogodowych i zabiegów agrotechnicznych powoduje, iż transport wodny związków chemicznych może być bardzo długi, np. rzędu kilku lub kilkunastu lat (do podobnych wniosków doszedł Ryszkowski [8]).

Na badanych terenach zalesionych wyróżnione zostały następujące siedliska: boru świeżego (Bśw), boru mieszanego świeżego (BMśw), boru wilgotnego (Bw) i olesowe (Oles). Szczegółowej analizie poddano zanieczyszczenia biogenne ($N-NO_3$, $N-NH_4$, PO_4 i K) w wodach gruntowych na tychże siedliskach (rys. 2). Nie stwierdzono wyraźnej dominacji zanieczyszczeń na którymś z wydzielonych siedlisk (średnie arytmetyczne dla analizowanych wskaźników zanieczyszczeń wód gruntowych na wydzielonych siedliskach zaznaczono na rys. 2 strzałkami).

4. Podsumowanie i wnioski

Kontrastowym parametrem fizjograficznym badanych zlewni jest użytkowanie terenu. Zalesiona w prawie 90% zlewnia Hutki posiada bardzo duże zdolności retencyjne w porównaniu do ekstensywnie użytkowanej rolniczo zlewni Potaszki (tylko około 15% zalesienia).

Jakość wód w badanych ciekach w latach hydrologicznych 1997/98 i 1998/99 należy ocenić jako dobrą. Wody ciek Potaszka były w zasadzie pierwszej klasy czystości (prócz azotynów), natomiast w wodach ciek Hutka w miesiącach letnich i jesiennych odnotowano bardzo małe zawartości tlenu rozpuszczonego oraz bardzo duże ilości fosforanów i znaczące ilości azotynów. Wpłynęło to oczywiście na obniżenie oceny jakości wody ciek Hutka. Wzrost stężenia fosforanów przy jednoczesnym spadku zawartości tlenu rozpuszczonego w tych wodach może wynikać z uwalniania się rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych.

Woda stagnująca w oczkach wodnych w zlewni Potaszki ma zdecydowanie gorszą jakość niż woda w cieku. Świadczy to o ograniczonych możliwościach samooczyszczania się wód w bezodpływowych akwenach wodnych.

Można stwierdzić, iż wody gruntowe zalesionej zlewni Hutki (III klasa jakości) mają lepszą jakość niż wody gruntowe ekstensywnie użytkowanej ról-

niczo zlewni Potaszkki (wody pozaklasowe). Dominujące zanieczyszczenia to związki biogenne (N, P, K). Pomimo znikomego stosowania nawozów w ostatnim dziesięcioleciu w dalszym ciągu wody gruntowe w zlewni Potaszkki są w znaczącym stopniu zanieczyszczone.

Na badanych terenach zalesionych, na wyróżnionych siedliskach: boru świeżego, boru mieszanego świeżego, boru wilgotnego, lasowych i olesowych nie stwierdzono wyraźnej dominacji któregoś z analizowanych zanieczyszczeń biogenych (N-NO₃, N-NH₄, PO₄ i K).

Literatura

1. Church M.R.: *Hydrochemistry of forested catchments*. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 25, 1997r.
2. Dojlido J.R.: *Chemia wód powierzchniowych*. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok, 1995r.
3. Miler A.: *The dynamics of groundwater levels in afforestation areas*. International Scientific Conference „Forest and Water”, Copyright by Cracow University of Technology, 165-174, 1998a.
4. Miler A.: *Wpływ wybranych parametrów fizjograficznych ze szczególnym uwzględnieniem zalesień na kształtowanie się potencjalnych zdolności retencyjnych w Wielkopolsce (część 1)*. PTPN, Poznań, Prace Komisji Nauk Leśnych, t. 85, 11-28, 1998b.
5. Miler A., Liberacki D., Plewiński D.: *Obieg wody i wybrane wskaźniki jej jakości w dwóch mikrozwlewniach o zróżnicowanym zalesieniu*. Roczn. AR Pozn. 310, Melior. Inż. Środ. 20, cz. I, 443-463, 1999r.
6. Miler A., Liberacki D., Plewiński D.: *Ilościowa i jakościowa ocena stosunków wodnych w dwóch odmiennych pod względem zalesienia małych zlewniach nizinnych*. PTPN, Poznań, Prace Komisji Nauk Leśnych (w druku), 2000r.
7. **Rozporządzenie** Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 05.11.1991 r. *W sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi*. Dziennik Ustaw RP, nr 116, poz. 503, Warszawa, 1991r.
8. Ryszkowski L.: *Rolnictwo a zanieczyszczenia obszarowe środowiska*. Postępy Nauk Rolniczych, 4: 3-14, 1992r.
9. Ryszkowski L., Życzyńska-Baloniak I., Szpakowska B.: *Wpływ barier biogeochemicznych na ograniczanie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń obszarowych*. Materiały II Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej: Oczyszczalnie hydrobotaniczne, Poznań, 1996r.
10. Suliński J.: *Spojrzenie na wybrane zagadnienia kształtowania się stosunków wodnych w lesie w nawiązaniu do zasad hodowli lasu i instrukcji urządzania lasu*. Zbiór prac wydanych przez Komisję Inżynierii i Gospodarki Wodnej Polskiego Towarzystwa Leśnego, Warszawa, 1998r.
11. **Wskazówki metodyczne** dotyczące tworzenia regionalnych i lokalnych monitoringów wód podziemnych. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa, 1995r.
12. **Wykaz norm z zakresu analityki wody i ścieków**. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej – Zespół Normalizacji, Warszawa, 1993r.

Streszczenie

W pracy analizowano wyniki monitorowania jakości wód na terenach o zróżnicowanym użytkowaniu terenu. Analizy prowadzono bazując na pomiarach wykonanych w latach hydrologicznych 1997/98 i 1998/99 w zlewniach cieków Hutki (0,52 km²) i Potaszki (1,33 km²). Zlewnie te położone są blisko Poznania w południowej części Pojezierza Wielkopolskiego, w Polsce. Jakość wód w badanych ciekach w latach 1998 i 1999 należy ocenić jako dobrą. Wody cieków Potaszka były pierwszej klasy czystości (wyłączając azotyny). Natomiast w wodach cieków Hutka w miesiącach letnich i jesiennych odnotowano bardzo małe zawartości tlenu rozpuszczonego oraz bardzo duże ilości fosforanów (uwalnianie się rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych). Wysoka do średniej koncentracja biogenów (N, P, K) stanowiła główne zanieczyszczenie wód gruntowych obu badanych zlewni. Jakość wód gruntowych w zalesionej zlewni Hutki była lepsza niż w użytkowanej rolniczo zlewni Potaszki. Nie stwierdzono istotnych różnic w jakości wód gruntowych na różnych siedliskach leśnych.

Qualitative Evaluation of Water on Selected Lowland Areas with Differentiated Afforestation

Abstract

In the paper results of monitoring quality of water on areas of differentiated land utilization were analyzed. The analysis was carried out on the basis of measurements made in hydrological years 1997/98 and 1998/99 in the Hutka (0.52 km²) and the Potaszka (1.33 km²) river catchments. These catchments are located near Poznań in the southern part of the Greater Poland Lake District, in Poland. The water quality of investigated rivers in 1998 and 1999 was evaluated as good. The water of the Potaszka river was in the first class of cleanness (Polish standards) (excluding nitrite nitrogen). Whereas in the water of the Hutka river during summer and autumn months, very low concentration of dissolved oxygen and high concentration of phosphates were noted. The phosphates from soluble compounds of phosphorus were produced in anaerobic conditions. High to medium concentration of nutrients (N, P, K) was a main pollution in the groundwater of both investigated catchments. The water quality of the groundwater in forested the Hutka catchment was better than in the agriculturally used the Potaszka catchment. No significant differences of groundwater quality in differentiated forest habitats were noted.