

Obieg wody i jej jakość w małej zlewni leśnej

*Daniel Liberacki
Katedra Melioracji
i Kształtowania Środowiska
Akademia Rolnicza
im. A. Cieszkowskiego
w Poznaniu*

1. Wstęp

Jednym z najważniejszych zagadnień w hydrologii jest problem obiegu wody w zlewni rzecznej, który wynika z postulatów gospodarczych, a przede wszystkim z potrzeby uzyskania podstaw do racjonalnego gospodarowania zasobami wodnymi [8]. Istotną rolę odgrywają także badania jakości wód powierzchniowych i gruntowych. Mają one znaczenie nie tylko poznawcze, ale również użytkowe, dostarczając informacji o wodzie i procesach w niej zachodzących. Wartość użytkowa takich badań to podstawa planów i możliwości gospodarczego wykorzystania zasobów wodnych rozpatrywanych zlewni. Określenie zasobów dyspozycyjnych wód zlewni powinno, zatem uwzględniać zarówno ich ilość jak i jakość. Badania hydrologiczne nad dynamiką obiegu wody i jakością skoncentrowane są bądź na odpływie rzeczonym, jako wypadkowej wszystkich procesów hydrologicznych i meteorologicznych, bądź na bilansach wodnych, które ilustrują ilościowo i jakościowo dynamikę zjawisk stanowiących części tego obiegu. 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].

Celem badań było przedstawienie obiegu wody oraz jej jakości w małej zlewni nizinnej o dużym zalesieniu.

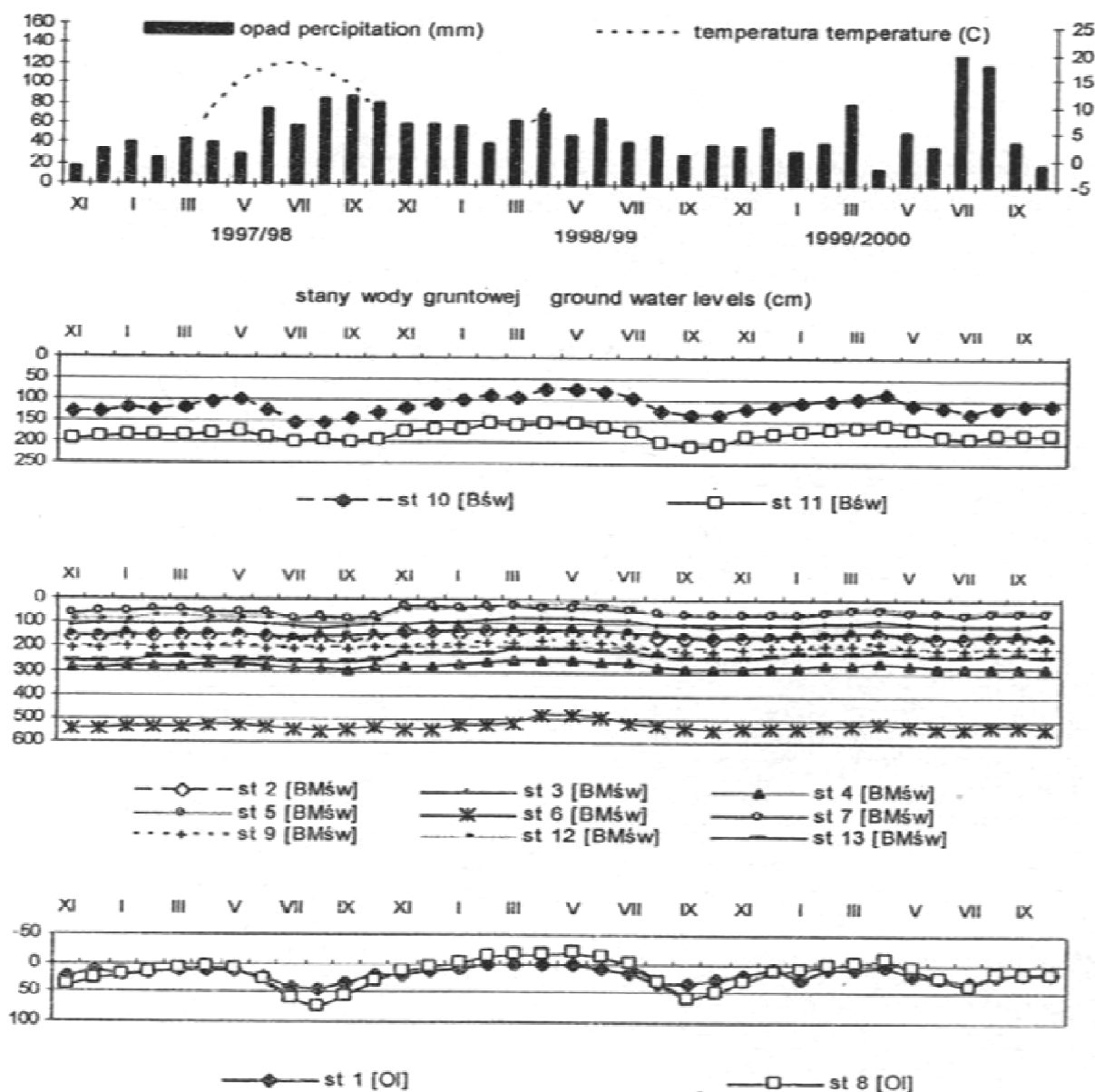
2. Material i metodyka badań

Zlewnia położona jest w centralnej części Wielkopolski, około 20 km na północny-wschód od Poznania (w Puszczy Zielonka). Krajobraz naturalny badanej zlewni jest typu młodoglacjalnego, formacji plejstocenińskiej oraz holocenińskiej (równiny i wzniesienia morenowe). Przy opracowywaniu charakterystyk dla badanych mikrozelewni wykorzystano dane zbierane w ramach kompleksowych badań terenowych dotyczących ilości i jakości wód [3]. Standardowe obserwacje i pomiary hydrometeorologiczne obejmowały: ciągłe obserwacje stanów wody w cieku Hutka na przelewie pomiarowym Thomsona, codzienne pomiary opadów deszczomierzem Hellmanna, cotygodniowe pomiary stanów wód gruntowych. W pracy poddano także szczegółowej analizie zapasy wody gruntowej w 3 reprezentatywnych dla zlewni profilach glebowych [4,9,13], zlokalizowanych przy studzienkach do pomiaru stanów wody gruntowej. Profil 9 położony jest w 90-letnim drzewostanie sosnowym, w odległości około 30 m od cieku, natomiast profile 4 i 13 usytuowane są w 10-letnim młodniku oddalonym od cieku o około 100 m. Dla omawianych profili sporządzono krzywe wodnej retencyjności (pF) strefy nienasyconej oraz odczytano z nich charakterystyczne właściwości wodne. Ocenę jakości wód wykonano na podstawie próbek wody pobieranych: z cieku systematycznie raz w miesiącu, ze studzienek gruntowych – 4 razy w roku oraz z deszczomierzy po wystąpieniu większych opadów. Fizykochemiczne analizy wód obejmowały oznaczenia 20 wskaźników i składników charakteryzujących właściwości fizyczne, warunki tlenowe, stężenia substancji organicznych, obecność związków biogenicznych (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” [7].

3. Wyniki badań i dyskusja

Mikrozlewnia cieku Hutka do przekroju Huta Pusta ma powierzchnię 52 ha i jest w 89% zalesiona. Pozostałe 11% powierzchni zajmują głównie zabagnienia i nieużytki. Zlewnia cieku Hutka ma charakter typowo leśny, na której występują głównie siedliska boru mieszanego świeżego i boru świeżego. Dominującym gatunkiem jest sosna, ale występują także dąb, ols, modrzew oraz świerk [4].

Obieg wody i jej jakość w małej zlewni leśnej



Rys. 1. Przebieg stanów wód gruntowych w różnych siedliskach leśnych zlewni Hutka na tle sum miesięcznych opadów atmosferycznych i średnich miesięcznych temperatur powietrza

Fig. 1. Time series of ground water levels at different forest habitats in the Hutka catchment against a background amount of precipitation and means of air temperature

Przebieg warunków meteorologicznych w okresie badań 1997/98 – 1999/2000 można uznać za zbliżony do przeciętnych. W dwóch pierwszych latach hydrologicznych sumy roczne opadów były zbliżone do średniej wieloletniej i wynosiły odpowiednio 597 i 512 mm. Natomiast w trzecim roku opad wyniósł 624 mm i był wyższy o 87 mm od średniej wieloletniej, przy jednocześnie wyższej średniej rocznej temperaturze powietrza. Niewielkie nadwyżki w opadzie atmosferycznym są zużytkowane przeważnie przez ewapotranspirację, która w znacznym stopniu reguluje odpływ powierzchniowy. Świadczą o tym wyrównane przebiegi miesięcznych i rocznych wartości odpływu wody w cieku i ich niewielkie ekstremalne wartości od 0,29 (1997/98) do 2,92 (1999/2000) l·s⁻¹·km⁻² oraz stosunkowo małe miesięczne zmiany retencji. Średni roczny odpływ jednostkowy w badanych latach hydrologicznych wyniósł 0,86 l·s⁻¹·km⁻².

Tabela 1. Wybrane właściwości wodne reprezentatywnych profili glebowych
Tabele 1. Selected water properties of representative soil profiles

Profil Profile	Poziom	PPW	WTW	WOD	WŁD	WTD
	[cm]	[mm]				
4	0-15	22,95	4,05	18,9	12,6	6,3
	15-50	40,15	9,45	30,7	20,5	10,2
	50-100	53,1	10,0	43,1	28,8	14,4
	0-50	63,1	13,5	49,6	33,0	16,5
	0-100	116,2	23,5	92,7	61,8	30,9
9	0-15	11,7	2,8	8,9	6,0	3,0
	15-50	30,5	5,3	25,2	16,8	8,4
	50-100	53,5	10,0	43,5	29,0	14,5
	0-50	42,2	8,1	34,1	22,7	11,4
	0-100	95,7	18,1	77,6	51,7	25,9
13	0-15	24,5	5,3	19,2	12,8	6,4
	15-50	28,7	7,2	21,5	14,3	7,2
	50-100	64,5	10,8	53,7	35,8	17,9
	0-50	53,2	12,5	40,7	27,1	13,6
	0-100	117,7	23,3	94,4	62,9	31,5

Zmiany położenia zwierciadła wody gruntowej na przestrzeni badanych trzech lat hydrologicznych (1997/98÷1999/2000) oceniono na tle zmieniających się wartości sum miesięcznych opadów atmosferycznych oraz średnich mie-

sięczych temperatur powietrza. Analizując zmiany stanów wody w studzienkach pomiarowych zlokalizowanych w charakterystycznych punktach omawianej zlewni, można zauważyć wyraźną cykliczność (rys. 1).

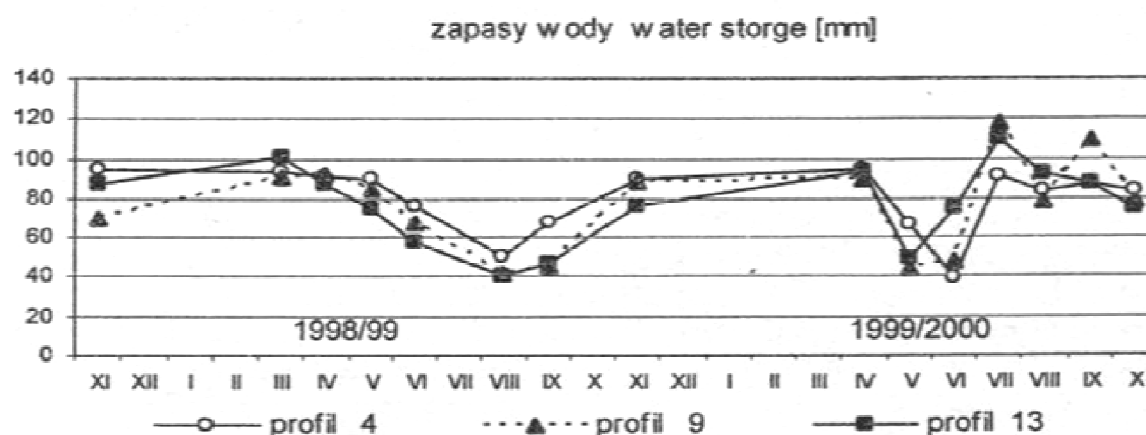
Zwierciadło wody gruntowej najpłycej występuje na wiosnę w miesiącach marzec - maj, a nawet zalega nad powierzchnią terenu (studzienka nr 1 i 8 położona w obniżeniu terenowym w siedlisku olsowym). Natomiast w miesiącach lipiec - wrzesień stany wody gruntowej osiągają wartości minimalne (woda znajduje się wówczas najgłębiej).

Rozpatrywane profile glebowe wykazują uziarnienie piasków luźnych, oraz sporadycznie piasków słabo gliniastych, o znikomej zawartości frakcji ilastej (w zakresie od 1÷2% i względnie niskiej gęstości objętościowej. Układ taki sprzyja dużemu udziałowi makro i mezoporów w porowatości ogólnej, a w konsekwencji zmniejszeniu zdolności retencyjnych gleby.

Omawiane typowe profile glebowe charakteryzują się zbliżonymi właściwościami wodnymi (tab. 1).

Gleby te charakteryzują się niską potencjalną rezerwą wody dostępnej dla roślin w warstwie 100 cm, bowiem retencja ta nie przekracza 100 mm [9]. Połowa pojemność wodna w warstwie 0÷100 cm waha się od 96 mm w profilu 9 do 118 mm w profilu 13. Woda ogólnie dostępna wynosi 78 do 94 mm. Natomiast ilość wody łatwo dostępnej dla roślin w jednometrowej warstwie gleby zmienia się od 52 mm w profilu 9 do 63 mm w profilu 13.

Zapasy wody w warstwie 0÷100 cm były także do siebie zbliżone i wykazywały podobną dynamikę zmian (rys. 2).

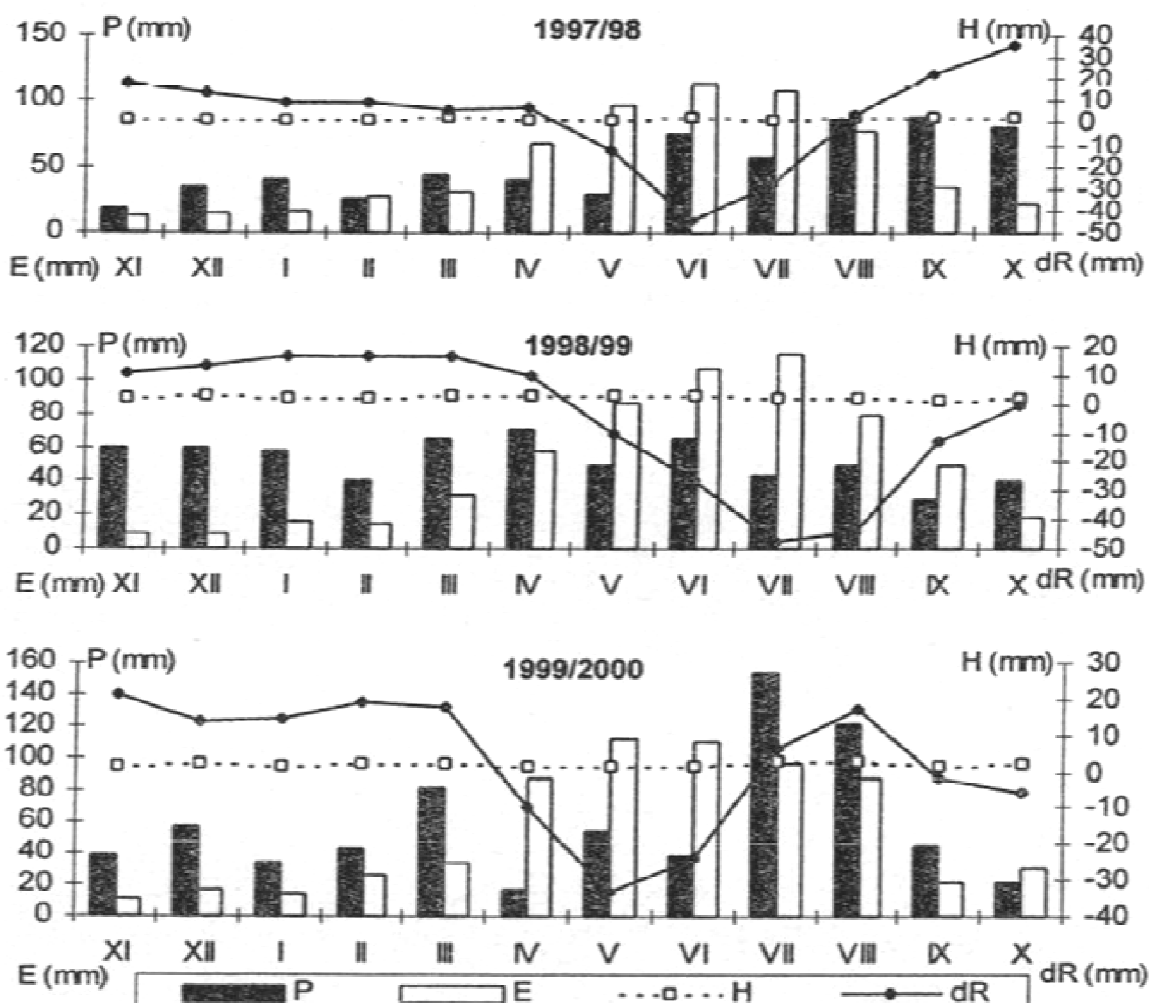


Rys. 2. Przebieg zapasów wody w warstwie 0÷100 cm w badanych profilach (4,9,13) zlewni Hutka w latach 1998/99 – 1999/ 2000

Fig. 2. Time series of water storage in layer 0÷100 cm of analysed soil profile in Hutka catchment in hydrological years 1998/99 – 1999/2000

Największe zapasy wody w tych profilach wystąpiły w półroczach zimowych oraz w lipcu 2000 roku, w którym suma opadów wyniosła 140 mm i była wyższa o 65 mm od średniej z wielolecia dla tego miesiąca.

Natomiast o dużych zdolnościach retencyjnych zalesionej w 89% mikrozelewni Hutki może świadczyć porównanie składników bilansów wodnych. W pracy przedstawiono poglądowo miesięczne wartości składników bilansów wodnych zlewni (rys. 3). Analizując poszczególne składniki bilansów wodnych w okresie badawczym można stwierdzić, iż duże zdolności retencyjne zlewni Hutki implikują wyrównany odpływ powierzchniowy.

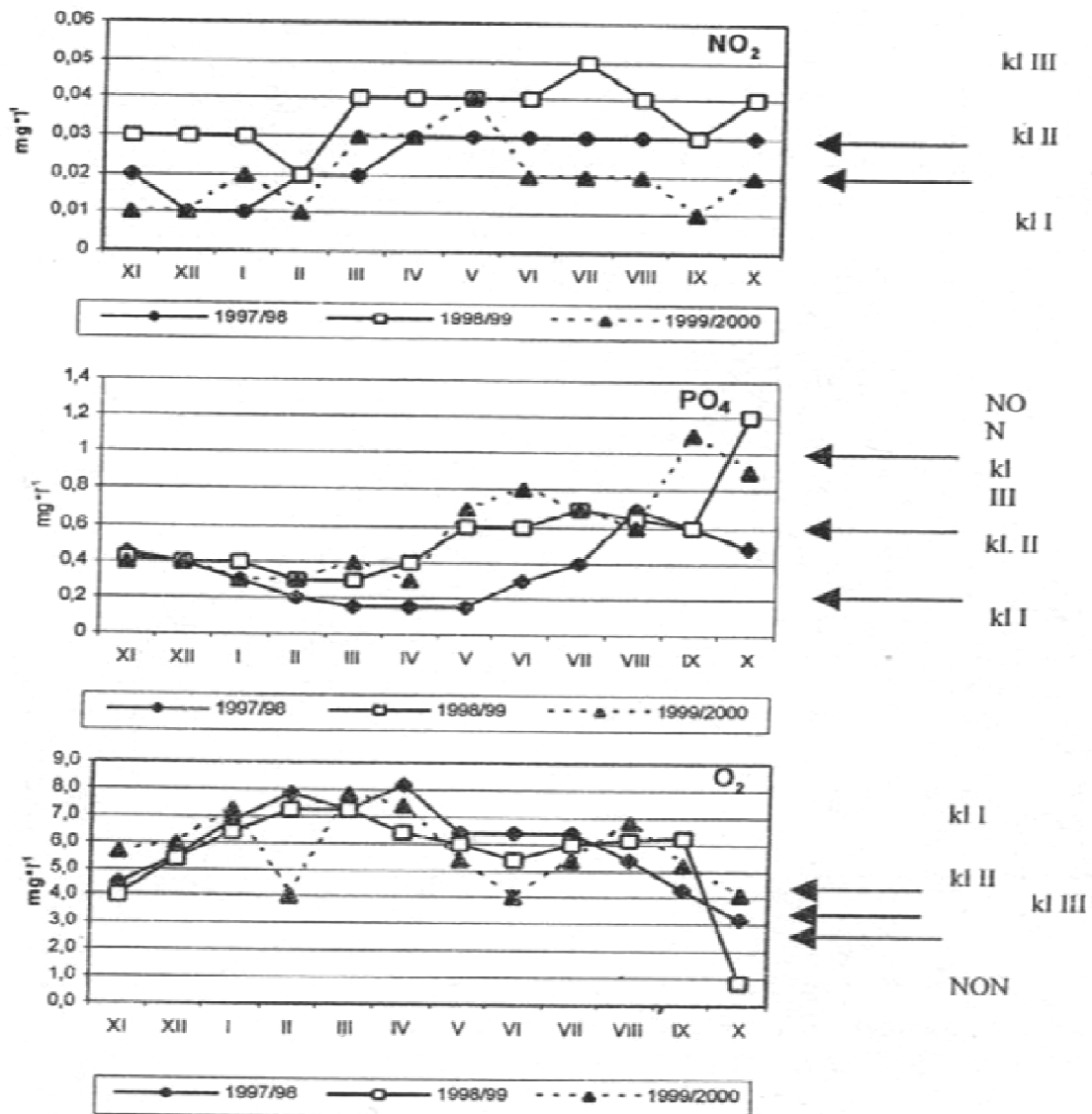


Rys. 3. Składniki bilansu wodnego w zlewni Hutka do przekroju Huta Pusta w latach hydrologicznych 1997/98÷1999/2000 (P – opad atmosferyczny, E – parowanie terenowe, H – wskaźnik odpływu, dR – zmiana retencji)

Fig. 3. Components of water balance for the Hutka river catchment to gauge station Huta Pusta in hydrological years 1997/98 - 1999/2000 (P – precipitation, E – evapotranspiration, H – index of runoff, dR – change of retention)

Obieg wody i jej jakość w małej zlewni leśnej

Stężenia siarczanów (SO_4^{2-}), żelaza (Fe), azotanów III, azotu amonowego N-NH_4^+ , odczynu (pH), wapnia (Ca), chlorków (Cl^-), sodu (Na^+) i potasu (K^+) kwalifikują wody w cieku Hutka do pierwszej klasy czystości [5]. Natomiast średnie stężenia fosforanów i azotanów II obniżają jakość wody w cieku do II klasy czystości (rys. 4).



Rys. 4. Przebiegi czasowe miesięcznych wartości charakterystycznych wartości wskaźników jakości wody w cieku Hutka w latach hydrologicznych 1997/98÷1999/2000

Fig. 4. Time series of month specific values of water quality indexes of the Hutka river in hydrological years 1997/98 – 1999/2000

Wzrost stężenia fosforanów, przy jednoczesnym spadku stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie, uwidacznia się w miesiącach letnich i jesiennych i może wynikać zarówno z uwalniania się z osadów dennych rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych jak i z opadów atmosferycznych [2]. Zdecydowanie gorszą jakość niż wody powierzchniowe mają wody gruntowe (tab. 2) [6].

Tabela 2. Charakterystyczne wyniki pomiarów stężeń związków biogenicznych w wodach gruntowych w zlewni Hutka w latach hydrologicznych 1997/98+1999/2000

Tabelle 2. Specific values of nutrients in groundwater in the Hutka catchment in hydrological years 1997/98 - 1999/2000

Parametry Parameters	Wody gruntowe w typowych siedliskach leśnych / Ocena jakości wód Groundwater on afforested area / Evaluation water quality								
	Bór mieszany świeży Fresh mixed coniferous forest			Bór świeży Fresh coniferous forest			Oles Alder swamp forest		
	max	śred	min	max	śred	min	max	śred	min
Azotany III Nitrate nitrogen [mg N-NO ₃ /dm ³]	1,30 <i>Ib</i>	1,20 <i>Ib</i>	0,20 <i>Ia</i>	1,10 <i>Ib</i>	0,50 <i>Ia</i>	0,20 <i>Ia</i>	1,60 <i>Ib</i>	0,80 <i>Ia</i>	0,10 <i>Ia</i>
Azotany II Nitrite nitrogen [mg N-NO ₂ /dm ³]	0,09 <i>III</i>	0,05 <i>III</i>	0,02 <i>II</i>	0,12 <i>NON</i>	0,05 <i>III</i>	0,01 <i>Ib</i>	0,16 <i>NON</i>	0,06 <i>III</i>	0,01 <i>Ib</i>
Azot amonowy Ammonia nitrogen [mg N-NH ₄ /dm ³]	4,48 <i>NON</i>	1,87 <i>NON</i>	0,16 <i>Ib</i>	1,42 <i>III</i>	0,57 <i>II</i>	0,04 <i>Ia</i>	6,50 <i>NON</i>	1,93 <i>NON</i>	0,06 <i>Ia</i>
Fosforany Phosphates [mg PO ₄ ³⁻ /dm ³]	0,90 <i>II</i>	0,40 <i>II</i>	0,20 <i>Ib</i>	0,70 <i>II</i>	0,50 <i>II</i>	0,30 <i>II</i>	5,20 <i>NON</i>	0,90 <i>II</i>	0,20 <i>Ib</i>
Potas Potassium [mg K/dm ³]	18,0 <i>III</i>	4,2 <i>Ia</i>	0,6 <i>Ia</i>	4,5 <i>Ib</i>	2,0 <i>Ia</i>	0,7 <i>Ia</i>	9,3 <i>Ib</i>	3,0 <i>Ia</i>	1,2 <i>Ia</i>

Oznaczenia: *Ia, Ib, II, III* – klasy czystości wody, *NON* - wody pozaklasowe.

Notation: *Ia, Ib, II, III* – water quality classes, *NON* - out quality standard.

Stosunkowo lekkie gleby (piaski luźne i słabo gliniaste) występujące w większości siedlisk (w miejscach założenia studzienek) mogą być przyczyną łatwego wymywania związków pokarmowych z wierzchnich warstw i gromadzenia się ich w wodzie gruntowej [3]. Dominujące zanieczyszczenia w tych wodach to związki biogeniczne (związki azotu N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, N-NH₄⁺

i fosforu PO_4^{3-}). Generalnie można stwierdzić, iż wody gruntowe w badanej zlewni występują w II i III klasie czystości.

4. Wnioski

1. Zalesiona w 89% zlewnia Hutki posiada duże zdolności retencyjne. Przejawem tego jest znacznie zredukowany odpływ jednostkowy oraz wyższa ewapotranspiracja. Wielkości odpływu uzależnione były przede wszystkim od warunków meteorologicznych. Średni roczny odpływ jednostkowy w badanych latach wyniósł $0,86 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$.
2. W omawianym okresie badawczym dynamika stanów wody gruntowej i uwilgotnienia gleb w granicach zlewni, w różnych siedliskach leśnych wykazywała podobną cykliczność. Zmiany te były uzależnione przede wszystkim od odległości analizowanych profili od cieków oraz od przebiegu warunków meteorologicznych.
3. Wierzchnie warstwy gleb (0÷100 cm) zlewni Hutki wykazują uziarnienie piasków luźnych oraz sporadycznie piasków słabo gliniastych, o znikomej zawartości frakcji ilastej i niskiej gęstości objętościowej. W konsekwencji gleby te charakteryzują się niskimi potencjalnymi rezerwami wody dostępnej dla roślin, bowiem rezerwa ta nie przekracza 100 mm.
4. Jakość wód w cieku w badanych latach hydrologicznych 1997/98 - 1999/2000 należy ocenić jako dobrą. Jednak w miesiącach letnich i jesiennych odnotowano bardzo małe stężenia tlenu rozpuszczonego oraz bardzo stężenia jonów fosforanowych. Wpłynęło to na okresowe obniżenie oceny jakości wody cieków Hutka.
5. Wzrost stężenia jonów fosforanowych, przy jednoczesnym spadku stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie, który uwidaczniał się w miesiącach letnich i jesiennych może wynikać zarówno z uwalniania się z osadów dennych rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych jak i z opadów atmosferycznych.
6. Gleby występujące na terenie analizowanej mikro-zlewni mogą być przyczyną łatwego wymywania związków pokarmowych z wierzchnich warstw i gromadzenia się ich w wodzie gruntowej. Wody gruntowe zlewni Hutki odpowiadają II i III klasie czystości. Dominujące w nich zanieczyszczenia to związki biogeniczne (N, P, K).

Literatura

1. Church M.R.: *Hydrochemistry of forested catchments*. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 25, 1997.
2. Dojlido J.R.: *Chemia wód powierzchniowych*. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok, 1995.
3. 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, 1999.
4. Miler A., Liberacki D., Plewiński D.: *Ilościowa i jakościowa ocena stosunków wodnych w dwóch odmiennych pod względem zalesienia małych zwlewniach nizinnych*. PTPN, Poznań, Prace Komisji Nauk Leśnych. 81÷92, Poznań 2000.
5. 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, 1991.
6. *Wskazówki metodyczne dotyczące tworzenia regionalnych i lokalnych monitoringów wód podziemnych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa, 1995.
7. *Wykaz norm z zakresu analityki wody i ścieków*. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej – Zespół Normalizacji, Warszawa, 1993.
8. Kaniecki A.: *Pojemność retencyjna i zmienność zasobów wód małej zlewni nizinnej na przykładzie dorzecza Wrześnicy*. Wydawnictwo UAM Poznań.
9. Liberacki D., Plewiński D.: *Dynamika zmian zapasów wody w glebach różnych siedlisk*. PAN, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 476, 447-452, Warszawa 2001.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów hydrometeorologicznych i chemicznych wykonanych w latach hydrologicznych 1997/98÷1999/2000 w zlewni cieką Hutka (0,52 km²). Zlewnia ta położona jest blisko Poznania, w południowej części Pojezierza Wielkopolskiego. Badania wykazały, że zalesiona w 89% zlewnia Hutki posiada duże zdolności retencyjne. Jakość wód w badanym cieku w analizowanych latach należy ocenić jako dobrą. Niemniej w wodach cieką w miesiącach letnich i jesiennych odnotowano bardzo małe zawartości tlenu rozpuszczonego oraz bardzo duże ilości fosforanów. Wpłynęło to na obniżenie oceny jakości wody cieką Hutka. Natomiast wody gruntowe zalesionej zlewni Hutki występują w II i III klasie czystości. Dominujące w nich zanieczyszczenia to związki biogeniczne (N, P, K).

Circulation of water and its quality in a small forest catchment

Abstract

Results of hydro-meteorological and chemical measurements made in hydrological years 1997/98÷1999/2000 in the Hutka river catchment (0.52 km²) are presented in this paper. The investigated catchment is situated near Poznań in the southern part of the Wielkopolska Lake District, Poland. Results of research carried out in the Hutka catchment, afforested in 89%, show that it has high retention capabilities. The water quality of the investigated river in hydrological years 1997/98 – 1999/2000 was evaluated as good. In summer and autumn very low concentration of dissolved oxygen and very high concentration of phosphates were noted in the water of the Hutka river. This situation decreased water quality in Hutka stream. According to Polish standard of water cleanness, the quality of the groundwater in the afforested catchment of Hutka were in the second and third class of purity. The dominant water pollutants were biogens compounds (N, P, K).