

ILOŚCIOWA I JAKOŚCIOWA OCENA STOSUNKÓW WODNYCH W ZALESIONEJ MIKROZLEWNI NIZINNEJ

ANTONI MILER, DANIEL LIBERACKI**, DARIUSZ PLEWIŃSKI***

** Katedra Inżynierii Leśnej*

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

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 (CHURCH 1997). Rola obszarów zalesionych w kształtowaniu stosunków wodnych jest generalnie znana (spłaszczanie fal wezbraniowych, podnoszenie niżówek, bariery biogeochemiczne, ograniczanie erozji etc.) (m.in. MILER 1998a, 1998b, MILER i in. 1999, RYSZKOWSKI 1992, RYSZKOWSKI i in. 1996). 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 (SULIŃSKI 1998).

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Głównym celem badań było przedstawienie obiegu wody i zmian stężeń wybranych wskaźników jej jakości w zalesionej nizinnej mikrozwlewni Hutki. Zlewnia położona jest w centralnej części Wielkopolski, około 20 km na północny-wschód od Poznania, w Puszczy Zielonka. Krajobraz naturalny jest typu młodoglacjalnego, formacji plejstoceniowej oraz holoceniowej - równiny i wzniesienia morenowe. Materiałami macierzystymi gleb na terenie badanej zlewni są zatem utwory polodowcowe, osady pochodzące ze stadiału poznańskiego zlodowacenia bałtyckiego.

Przy opracowywaniu charakterystyk dla badanej mikrozwlewni wykorzystano głównie własne dane zbierane w ostatnich dwóch latach. Badania te obejmowały: standardowe obserwacje i pomiary hydrometeorologiczne – ciągle obserwacje stanów wody na przelewie pomiarowym Thomsona, codzienne pomiary opadów deszczomierzem Hellmanna, cotygodniowe pomiary stanów wód gruntowych i okresowe oznaczanie zapasów wody, pobierano także próbki wody z ciekłu (raz w miesiącu) oraz ze studzienek – piezometrów (sezonowo – 4 razy w roku) oraz z deszczomierzy (po większych opadach)

W pracy wykorzystano również dane meteorologiczne ze stacji w Arboretum Zielonka, dane z Planu urządzenia lasu ... (1994) i Mapy przeglądowej siedlisk ... (1995).

Fizykochemiczne 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” (Wykaz ... 1993).

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Mikrozlewnia ciekłu 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. Na obszarze zlewni można wyróżnić zasadniczo dwa typy gleb: gleby słabo zbielicowane na 89,8 % oraz gleby bagiennicze na 10,2 % powierzchni zlewni. Zlewnia ciekłu Hutki ma charakter typowo leśny. Dominującym gatunkiem jest sosna, ale występują także dąb, oles, modrzew i w niewielkiej ilości świerk. Przeważające siedliska to: bór mieszany świeży i bór świeży (tab. 1).

W okresie badań przebieg warunków meteorologicznych można uznać za 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. W pierwszym roku odnotowano jednak mokre półrocze letnie a w drugim roku przeciwnie mokre było półrocze zimowe (rys. 1).

Zalesiona w prawie 90 % zlewnia Hutki posiada bardzo duże zdolności retencyjne. Przejawem tego są znacznie zredukowany odpływ oraz wyższa ewapotranspiracja w porównaniu do innych zlewni regionu (MILER i in. 2000) (rys. 2).

Przebiegi roczne stanów wód gruntowych w różnych siedliskach leśnych zlewni (studzienki 1, 1A, 7, 8, 9, C1 wzdłuż linii spływu wody do ciekłu) wykazują podobną cykliczność (rys. 3).

Średnia głębokość zalegania wody gruntowej w ciągu studzienek to odpowiednio: 14, 152, 490, 6, 196 i 43 cm. Zatem oprócz studzienki nr 7, w pozostałych woda gruntowa zalega płytko lub średnio głęboko. W dwóch studzienkach nr 1 i 8 średni poziom wody gruntowej waha się w utworach organicznych – torfach. W pozostałych studzienkach na tych poziomach występują piaski głównie luźne. Maksymalne stany występują w marcu, kwietniu a minimalne we wrześniu.

Stężenia siarczanów (SO_4), związków azotu (azotanowego NO_3 , amonowego NH_4), chlorków (Cl), pięciodobowego biochemicznego zapotrzebowania na tlen (BZT_5), odczynu (pH) i wapnia (Ca) kwalifikują w ciągu całych lat hydrologicznych 1997/98 i 1998/99 wody w badanym cieku do pierwszej klasy czystości (Rozporządzenie Ministra OŚZNiL 1991). W wodach Hutki w miesiącach letnich i jesiennych odnotowano bardzo małe zawartości tlenu rozpuszczonego (minimum w październiku – woda pozaklasowa - NON) oraz bardzo duże ilości fosforanów (maksimum w październiku 1999 – NON) (rys. 4). Wzrost stężenia fosforanów przy jednoczesnym spadku zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie może wynikać z uwalniania się rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych (DOJLIDO 1995). Sprzyja tym procesom stosunkowo mała prędkość przepływu wody w cieku Hutki oraz ograniczone oddziaływanie wiatru wskutek dużego zalesienia zlewni. W drugim roku badań odnotowano także wzrost stężenia azotynów (maksimum w październiku 1999 – NON).

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. 2).

Odmienne niż jakość wód w cieku kształtuje się jakość wód gruntowych w badanej mikrozwlewni. Na podstawie wartości średnich wskaźników jakości wód (Wskazówki metodyczne ..., 1995) można generalnie stwierdzić, iż wody gruntowe w zalesionej zlewni Hutki mają dość dobrą jakość (tab. 2). Dominujące zanieczyszczenia w tychże wodach to biogeny (P, N – III kl.) (rys. 5).

Na terenie zlewni szczegółowo badane były następujące siedliska: boru świeżego (Bśw), boru mieszanego świeżego (BMśw), boru wilgotnego (Bw) i olesowe (Oles). Analizie poddano m.in. zanieczyszczenia biogenne ($N-NO_3$, $N-NH_4$, PO_4 i K) w wodach gruntowych tychże siedlisk (tab. 3). Nie stwierdzono wyraźnej dominacji zanieczyszczeń na którymś z wydzielonych siedlisk.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zalesiona w prawie 90 % zlewnia Hutki posiada bardzo duże zdolności retencyjne. Przejawem tego są znacznie zredukowany odpływ oraz wyższa ewapotranspiracja. Powyższe świadczy o bardzo dużym wpływie zalesienia terenu na zwiększenie zdolności retencyjnych tzw. małej retencji krajobrazowej.

Jakość wód w badanym cieku w latach hydrologicznych 1997/98 i 1998/99 należy ocenić jako dobrą. Niemniej w wodach cieku w miesiącach letnich i jesiennych odnotowano bardzo małe zawartości tlenu rozpuszczonego oraz bardzo duże ilości fosforanów. Wpłynęło to oczywiście na obniżenie oceny jakości wody cieku Hutka. Wzrost stężenia fosforanów przy jednoczesnym spadku zawartości tlenu rozpuszczonego w tych wodach może wynikać z uwalniania się rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych.

Można stwierdzić, iż wody gruntowe zalesionej zlewni Hutki (II/III klasa czystości) są jakościowo dość dobre. Dominujące zanieczyszczenia to związki biogenne (N, P, K).

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

LITERATURA

- CHURCH M.R.(1997): Hydrochemistry of forested catchments. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 25.
- DOJLIDO J.R.(1995): Chemia wód powierzchniowych. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- Mapa przeglądowa siedlisk Nadleśnictwa Doświadczalnego Zielonka Akademii Rolniczej w Poznaniu (1995), (maszynopis).
- MILER A.(1998a): The dynamics of groundwater levels in afforestation areas. International Scientific Conference „Forest and Water”, Copyright by Cracow University of Technology, 165-174.
- MILER A.(1998b): 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.
- MILER A., LIBERACKI D., PLEWIŃSKI D.(1999): Obieg wody i wybrane wskaźniki jej jakości w dwóch mikrozlewniach o zróżnicowanym zalesieniu. *Rocz. AR Pozn. 310, Melior. Inż. Środ.* 20, cz. I, 443-463.
- MILER A., LIBERACKI D., PLEWIŃSKI D.(2000): Ilościowa i jakościowa ocena stosunków wodnych w dwóch odmiennych pod względem zalesienia małych zlewniach nizinnych. PTPN, Poznań, *Prace Komisji Nauk Leśnych* (w druku).
- Plan urządzenia lasu Nadleśnictwa Doświadczalnego Zielonka Akademii Rolniczej w Poznaniu, na okres 01.01.1994 - 31.12.2003 r., (1994) (maszynopis).
- 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.
- RYSZKOWSKI L.(1992): Rolnictwo a zanieczyszczenia obszarowe środowiska. *Postępy Nauk Rolniczych*, 4: 3-14.
- RYSZKOWSKI L., ŻYCYŃSKA-BALONIAK I., SZPAKOWSKA B.(1996): Wpływ barier biogeochemicznych na ograniczanie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń obszarowych. *Materiały II Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej: Oczyszczalnie hydrobotaniczne*, Poznań.

- SULIŃSKI J.(1998): 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.
- Wskazówki metodyczne dotyczące tworzenia regionalnych i lokalnych monitoringów wód podziemnych. (1995) Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa.
- Wykaz norm z zakresu analityki wody i ścieków. (1993) Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej – Zespół Normalizacji, Warszawa.

Quantitative and qualitative estimation of water conditions in forested lowland microcatchment

S u m m a r y

In the paper results of monitoring amount and quality of water in small forested catchment were analyzed. The analysis was carried out on the basis of hydro-meteorological and chemical measurements made in hydrological years 1997/98 and 1998/99 in the Hutka (0.52 km²) river catchment. This catchment is located near Poznań in the southern part of the Wielkopolska Lake District, Poland. The obtained reduces of outflow changes and evapotranspiration in the Hutka afforested catchment were significant. The water quality of investigated river in 1998 and 1999 was evaluated as good. It was in the first class of cleanness (Polish standards) – excluding phosphates, dissolved oxygen and nitrite nitrogen. In the water of the Hutka river in summer and autumn months, very low concentration of dissolved oxygen and very 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 at the groundwater of investigated catchment. Did not proving significant differences of groundwater quality in differentiated forest habitats.

Ilościowa i jakościowa ocena stosunków wodnych w zalesionej mikrozelewni nizinnej

S t r e s z c z e n i e

W pracy analizowano wyniki monitorowania ilości i jakości wód w małej zalesionej zlewni. Analizy prowadzono bazując na pomiarach hydrometeorologicznych i chemicznych wykonanych w latach hydrologicznych 1997/98 i 1998/99 w zlewni cieką Hutka (0,52 km²). Zlewnia ta położona jest blisko Poznania w południowej części Pojezierza Wielkopolskiego, w Polsce. Otrzymane redukcje zmian odpływu i ewapotranspiracji w zalesionej zlewni Hutki były istotne. Jakość wód badanego cieką w latach 1998 i 1999 została oceniona jako dobra. Była ona w pierwszej klasie czystości (według polskich norm) – z wyjątkiem fosforanów, tlenu rozpuszczonego i azotynów. W wodach cieką 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 badanej zlewni. Nie stwierdzono istotnych różnic w jakości wód gruntowych na różnych siedliskach leśnych.

Quantitative and qualitative evaluation of water ratio in the afforested lowland micro-catchment

ANTONI MILER*, DANIEL LIBERACKI, DARIUSZ PLEWIŃSKI****

** Department of Forest Engineering*

*** Department of Land Improvement and Environmental Development*

The August Cieszkowski Agricultural University of Poznań, Poland

Summary

A proper formation of water ratio in forests is an indispensable condition both for stable biomass production and forest maintenance; the quantity of the produced biomass is proportional to the quantity of the evaporated water. Micro-catchments are especially useful for investigating water ratio, both as far as the quantity and quality of water are concerned. The main objective of the research was the presentation of water circulation and changes in concentration of selected indices of its quality in the afforested lowland Hutka micro-catchment (having the total area of 52 ha and 89% forestation), situated in the central Wielkopolska area, about 20 km north-west of Poznań in the Zielonka Forest. The parent materials of the soils of the investigated catchment area are mainly post-glacial drifts, deposits coming from the Poznań stage of the Würm glaciation. The dominant species in the afforested area is pine but also oak, alder, larch as well as less frequently spruce occurs there. The predominant habitats, observed there, are: fresh mixed coniferous forest and fresh coniferous forest. The two-year-long field research comprised standard meteorological and hydrological measurements, as well as surface and ground water sampling of the Hutka catchment. Physico-chemical water analyses included properties determination of 20 indices and elements characteristic for physical (pH, temperature), aerobic conditions (oxygen content), concentration of organic substances (BOD₅, solid residue), presence of biogenes (nitrogen and phosphorus compounds) and mineral content (Ca, Mg, Na, K, Fe, Cl, SO₄ content). The course of the meteorological conditions in the period of the discussed research can be regarded as close to average. The Hutka catchment afforested in about 90%, present high retention power which is indicated by a

meaningfully reduced outflow and higher evapotranspiration, as compared to other catchments in the region. The annual courses of ground water levels in different forest habitats of the catchment (along the run-off line leading to the net rivers) present a similar periodicity. The ground water occurs either not deeply (shallow ground water) or at medium depth. Maximum levels occur in March, April while minimum in September. The concentration of sulphates (SO_4), nitrogen compounds (nitrate NO_3 , ammoniacal NH_4), chlorides (Cl), five-day biochemical demand for oxygen (BOD_5), reaction (pH) and calcium (Ca) in surface water in the catchment is qualified in focus as first class purity. But also very low quantities of dissolved oxygen (minimum in October – classless water – NON) and big quantities of phosphates (maximum also in October – NON) were observed. An increase in phosphates concentration, with accompanying decrease of the amount of oxygen dissolved in water, may result from the release of soluble phosphorus compounds in anaerobic conditions, a relatively low speed of water flow in the Hutka river, as well as a limited influence of wind, due to meaningful forestation of the area, are the elements permitting the process. In the second year of the investigation an increase of nitrites concentration was observed too (maximum in October – NON). The qualitative parameters of water samples taken from rainwater and from heavy precipitation indicate meaningful quantities of nitrite nitrogen (II/III class) and phosphates (ephemerally II class). The quality of ground water in the catchment is different from the quality of the river water. On the basis of average values of water quality indices, it can be generally stated that ground waters in the afforested Hutka catchment area present quite a high quality. Biogenes (P, N – III class) are the dominant water pollution. The following habitats of the area were investigated in detail: fresh coniferous forest (Fcf), fresh mixed coniferous forest (Fmcf), moist coniferous forest (Mcf) and alder (A). Among others also biogenes (N- NO_3 , N- NH_4 , PO_4 and K) pollution in ground water of the habitats was subject the carried out analyses. No distinct domination of pollution over the selected habitats was confirmed.

ILOŚCIOWA I JAKOŚCIOWA OCENA STOSUNKÓW WODNYCH W ZALESIONEJ MIKROZLEWNI NIZINNEJ

ANTONI MILER*, DANIEL LIBERACKI**, DARIUSZ PLEWIŃSKI**

* *Katedra Inżynierii Leśnej*

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

STRESZCZENIE

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 tak w zakresie ilości jak i jakości wód, są mikrozwlewnie. Głównym celem badań było przedstawienie obiegu wody i zmian stężeń wybranych wskaźników jej jakości w zalesionej nizinnej mikrozwlewni Hutki (o powierzchni 52 ha i 89% zalesienia), położonej w centralnej części Wielkopolski, około 20 km na północny-wschód od Poznania, w Puszczy Zielonka. Materiałami macierzystymi gleb na terenie badanej zwlewni są głównie utwory polodowcowe, osady pochodzące ze stadiału poznańskiego zlodowacenia bałtyckiego. Dominującym gatunkiem na terenach zalesionych jest sosna, ale występują także dąb, oles, modrzew i w niewielkiej ilości świerk. Przeważające siedliska to: bór mieszany świeży i bór świeży. Dwuletnie badania terenowe obejmowały standardowe pomiary meteorologiczne i hydrologiczne oraz pobieranie próbek wód powierzchniowych i gruntowych w zwlewni Hutki. Fizykochemiczne 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). W okresie badań przebieg warunków meteorologicznych można uznać za zbliżony do przeciętnych. Zalesiona w prawie 90 % zwlewnia Hutki posiada bardzo

duże zdolności retencyjne. Przejawem tego są znacznie zredukowany odpływ oraz wyższa ewapotranspiracja w porównaniu do innych zlewni regionu. Przebiegi roczne stanów wód gruntowych w różnych siedliskach leśnych zlewni (wzdłuż linii spływu wody do ciek) wykazują podobną cykliczność. Woda gruntowa zalega płytko lub średnio głęboko. Maksymalne stany występują w marcu, kwietniu a minimalne we wrześniu. Stężenia siarczanów (SO_4), związków azotu (azotanowego NO_3 , amonowego NH_4), chlorków (Cl), pięciodobowego biochemicznego zapotrzebowania na tlen (BZT_5), odczynu (pH) i wapnia (Ca) kwalifikują wody w badanym cieku do pierwszej klasy czystości. W wodach Hutki w miesiącach letnich i jesiennych odnotowano bardzo małe zawartości tlenu rozpuszczonego (minimum w październiku – woda pozaklasowa – NON) oraz bardzo duże ilości fosforanów (maksimum również w październiku – NON). Wzrost stężenia fosforanów przy jednoczesnym spadku zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie może wynikać z uwalniania się rozpuszczalnych związków fosforu w warunkach anaerobowych. Sprzyja tym procesom stosunkowo mała prędkość przepływu wody w cieku Hutki oraz ograniczone oddziaływanie wiatru wskutek dużego zalesienia zlewni. W drugim roku badań odnotowano także wzrost stężenia azotynów (maksimum w październiku – NON). 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.). Odmiennie niż jakość wód w cieku kształtuje się jakość wód gruntowych w badanej mikrozwlewni. Na podstawie wartości średnich wskaźników jakości wód można generalnie stwierdzić, iż wody gruntowe w zalesionej zlewni Hutki mają dość dobrą jakość. Dominujące zanieczyszczenia w wodach to biogeny (P, N – III kl.). Na terenie zlewni szczegółowo badane były następujące siedliska: boru świeżego (Bśw), boru mieszanego świeżego (BMśw), boru wilgotnego (Bw) i olesowe (Oles). Analizie poddano m.in. zanieczyszczenia biogenne (N- NO_3 , N- NH_4 , PO_4 i K) w wodach gruntowych tychże siedlisk. Nie stwierdzono wyraźnej dominacji zanieczyszczeń na którymś z wydzielonych siedlisk.

- Ryc. 1. Odchylenia sum półrocznych opadów atmosferycznych i odchylenia średnich półrocznych temperatur powietrza od średnich wieloletnich z okresu 1986/87-1998/99
 Fig. 1. Deviation of half-yearly amounts of precipitation and half-yearly means of air temperature from means at multi-yearly period of 1986/87-1998/99
- Ryc. 2. Półroczne i roczne wartości składników bilansu wodnego w zlewni Hutki do przekroju Huta Pusta w latach hydrologicznych 1997/98 i 1998/99 (P – opad atmosferyczny, E – parowanie terenowe, H – wskaźnik odpływu, dR – zmiana retencji)
 Fig. 2. The half-yearly and yearly values of water balance components for the Hutka river catchment to gauge station Huta Pusta in hydrological years 1997/98 and 1998/99 (P – precipitation, E – evapotranspiration, H – index of runoff, dR – change of retention)
- Ryc. 3. Przebieg stanów wód gruntowych w różnych siedliskach leśnych zlewni Hutki na tle opadów atmosferycznych i temperatur powietrza
 Fig. 3. Time series of ground water levels at different forest habitats in the Hutka catchment against a background of precipitation and air temperature
- Ryc. 4. Przebiegi czasowe miesięcznych wartości wskaźników jakości wody w cieku Hutka w latach hydrologicznych 1997/98 i 1998/99
 Fig. 4. Time series of monthly values of water quality indexes of the Hutka river in hydrological years 1997/98 and 1998/99
- Ryc. 5. Charakterystyczne wartości biogenów (N, P) w wodach gruntowych w zlewni Hutki w latach hydrologicznych 1997/98 i 1998/99
 Fig. 5. Specific values of nutrients (N, P) in groundwater in the Hutka catchment in hydrological years 1997/98 and 1998/99
- Tab. 1. Charakterystyki fizjograficzne badanej zlewni
 Tab. 1. The physiographical parameters of investigated catchment
- Tab. 2. Wskaźniki jakości wody
 Tab. 2. Indexes of water quality
- Tab. 3. Średnie wartości biogenów (N, P, K) w wodach gruntowych różnych siedlisk leśnych zlewni Hutki
 Tab. 3. Mean values of nutrients (N, P, K) in groundwater of different forest habitats in the Hutka catchment

Tabela 1

Charakterystyki fizjograficzne badanej zlewni
The physiographical parameters of investigated catchment

Charakterystyka Parameter	Zlewnia / Przekrój Catchment / Gauge station
	Hutka Huta Pusta
Powierzchnia zlewni Catchment area [ha]	52
Średni spadek terenu Average slope [‰]	10
Dominujące uziarnienie gleb Dominated grain-size distribution of soils [%]	Piaski luźne i słabo gliniaste Loose sand and weakly loamy sand 90
Procent lesistości Afforestation [%]	89
Siedliska leśne Forest habitat [ha]	Bór Mieszany świeży 18,5 Fresh mixed coniferous forest
Dominujące drzewostany Dominated stands [%]	Sosna 80 Dąb 10 Modrzew 10 Pine Oak Larch
	Bór świeży 24,3 Fresh coniferous forest
	Sosna 100 Pine
	Bór wilgotny 1,5 Moist coniferous forest
	Sosna 80 Dąb 10 Świerk 10 Pine Oak Spruce
	Ols 2,0 Alder swamp forest
	Olsza 100 Alder
Grunty orne Arable land [%]	5,5
Użytki zielone i bagna Grassland and swamps [%]	5,5

Tabela 2

Wskaźniki jakości wody
Indexes of water quality

Parametry Parameters	Rodzaje wód Types of water				
	Wody ciekłe Water in river		Wody gruntowe Groundwater		Opad Atmosferyczny Precipitation
Statystyki Statistics					
Indeksy Indexes	X	σ			
↓	+95	-95			
Siarczany Sulphates [mg SO ₄ /dm ³]	63,0 20,8 53,8 72,3		113,3 129,9 77,2 149,5		5,6 2,7 1,2 9,9
Żelazo Iron [mg Fe/dm ³]	0,31 0,18 0,23 0,39		1,12 0,99 0,84 1,40		0,13 0,03 0,11 0,15
Azot azotanowy Nitrate nitrogen [mg N-NO ₃ /dm ³]	0,43 0,20 0,33 0,52		0,80 1,17 0,47 1,13		0,68 0,48 0,31 1,1
Azot azotynowy Nitrite nitrogen [mg N-NO ₂ /dm ³]	0,03 0,02 0,02 0,04		0,06 0,04 0,05 0,07		0,03 0,01 0,02 0,04
Azot amonowy Ammoniacal nitrogen [mg N-NH ₄ /dm ³]	0,21 0,10 0,16 0,25		1,04 1,20 0,70 1,37		0,59 0,40 0,26 0,92
Fosforany Phosphates [mg PO ₄ /dm ³]	0,48 0,36 0,32 0,64		1,48 3,90 0,40 2,57		0,20 0,10 0,08 0,32
Tlen rozpuszczony Dissolved oxygen [mg O ₂ /dm ³]	5,8 1,7 5,1 6,6		-		-
BZT ₅ BOD ₅ [mg O ₂ /dm ³]	1,6 0,8 1,3 1,9		-		-
Odczyn Reaction pH [-]	7,6 0,2 7,5 7,7		7,0 0,5 6,9 7,2		6,9 0,2 6,8 7,1
Twardość Hardness [mval/dm ³]	4,8 0,3 4,7 5,0		4,3 3,0 3,4 5,1		1,0 0,4 0,6 1,3
Wapń Calcium [mg Ca/dm ³]	81,9 4,3 80,0 83,8		80,5 78,5 58,7 102,4		7,3 3,5 3,6 11,0
Magnez Magnesium [mg Mg/dm ³]	9,3 2,7 8,1 10,5		10,9 7,1 8,9 12,9		4,1 2,3 1,3 7,0
Chlorki Chlorides [mg Cl/dm ³]	17,2 1,9 16,4 18,1		34,0 37,6 23,6 44,5		9,3 6,6 3,7 14,8
Sucha pozostałość Solid residue [mg/dm ³]	350,4 49,4 328,5 372,3		-		-
Sód Sodium [mg Na/dm ³]	9,8 1,6 9,1 10,5		22,6 12,9 19,0 26,2		4,1 2,1 2,1 6,0
Potas Potassium [mg K/dm ³]	1,3 0,2 1,2 1,4		6,4 4,4 5,2 7,6		2,8 2,9 0,0 5,8

Oznaczenia notation:

X - średnia arytmetyczna average,

σ - odchylenie standardowe standard deviation,

+95 -95 - poziom ufności confidence level - 95 %, +95 %,

I kl., Ia kl., Ib kl., II kl., III kl., NON.

Tabela 3

Średnie wartości biogenów (N, P, K) w wodach gruntowych różnych siedlisk leśnych zlewni Hutki
 Mean values of nutrients (N, P, K) in groundwater of different forest habitats in the Hutka catchment

Siedliska Habitats	Parametry Parameters			
	Azot azotanowy Nitrate nitrogen [mg N-NO ₃ /dm ³]	Azot amonowy Ammoniacal nitrogen [mg N-NH ₄ /dm ³]	Fosforany Phosphates [mg PO ₄ /dm ³]	Potas Potassium [mg K/dm ³]
Bór wilgotny Moist coniferous forest	0,8	1,2	4,0	10,0
Bór świeży Fresh coniferous forest	0,4	1,1	0,4	7,4
Bór mieszany świeży Fresh mixed coniferous forest	0,9	0,7	1,0	4,7
Oles Alder swamp forest	0,7	2,1	0,5	2,9

Oznaczenia notation:

I kl., Ia kl., Ib kl., II kl., III kl., NON.











