

JOANNA RACZAK, MIROSŁAW ŻELAZNY

FUNKCJONOWANIE MAŁYCH ZLEWNI POGÓRSKICH O RÓŻNYM UŻYTKOWANIU W ŚWIETLE BADAŃ HYDROCHEMICZNYCH (ŁAZY K. BOCHNI)

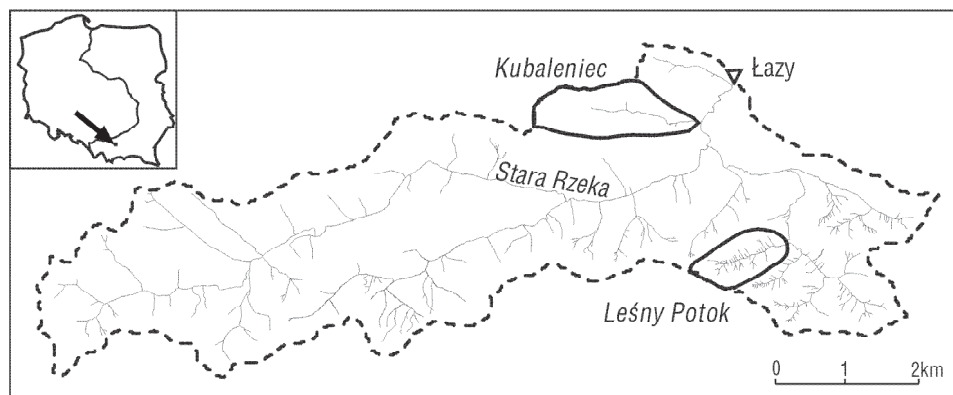
Abstrakt: Na podstawie zmian składu chemicznego wód potoków odwadniających zlewnie o różnym użytkowaniu dokonano oceny mechanizmu krążenia wody w tych zlewniach. Badano stężenia makroelementów (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-), związków biogenych (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}), przewodnictwo elektrolityczne właściwe oraz odczyn wody. Ważnym czynnikiem kształtującym funkcjonowanie małych zlewni pogórskich w ciągu roku, w czasie wezbrań i w okresach międzywezbraniowych, jest użytkowanie ziemi. Jego wpływ uwidacznia się głównie w sezonie letnim, natomiast zanika w sezonie zimowym. Wówczas przemarznięta pokrywa zwietrzelinowo-głębowa, uniemożliwia powstanie spływu śródpokrywowego. Do potoków dostaje się jedynie woda gruntowa, a w czasie roztopów – woda z topniejącej pokrywy śnieżnej.

Słowa kluczowe: chemizm wód, związki biogenne, natężenie przepływu, użytkowanie zlewni, Pogórze Wiśnickie.

1. Wstęp

Procesy naturalne i antropogeniczne zachodzące w zlewni, wpływają na sposób jej funkcjonowania, a tym samym decydują o ilości i jakości wody (Walling, Foster 1975; Drever 1997; Pekarova i in. 1999; Chełmicki 2001). W analizach funkcjonowania zlewni najczęściej rozpatrywana jest struktura oraz funkcjonowanie powierzchniowego systemu zlewni, jako lepiej dostępnego od systemu podpowierzchniowego (Gutry-Korycka 1990). Wiele ważnych informacji na temat funkcjonowania zlewni, a szczególnie podziemnej fazy obiegu wody dostarczają badania składu chemicznego wód rzecznych. Pozwalają one wnioskować o mechanizmie zasilania cieków oraz o procesach zachodzących podczas transformacji opadu w odpływ (Froehlich 1982).

Celem podjętych badań jest rozpoznanie – na podstawie badań hydrochemicznych – prawidłowości w rocznym i dobowym rytmie funkcjonowania małych, różnie użytkowanych zlewni pogórskich.



Ryc. 1. Obszar badań
Fig. 1. The study area

2. Obszar badań

Badania składu chemicznego wód powierzchniowych prowadzono w zlewni Starej Rzeki (po wodowskaz w Łazach) oraz w jej dwóch zlewniach cząstkowych – Kubaleńca i Leśnego Potoku (ryc.1). Zlewnia Starej Rzeki (22 km²) położona jest w obrębie dwóch płaszczowinowych jednostek: śląskiej i podśląskiej z serią solną Bochni (Olewicz 1973). Odznacza się ona zróżnicowaną strukturą zagospodarowania ziemi; 41% powierzchni stanowią lasy, 38% – grunty orne, a 13,5% – łąki i pastwiska.

Zlewnia Kubaleńca (ok. 1 km²) położona jest w obrębie jednostki podśląskiej, którą w strefie przypowierzchniowej budują iłowce i iły margliste, pokryte grubą warstwą utworów lessopodobnych. Zlewnia Kubaleńca jest typową zlewnią rolniczą (grunty orne – 65%, łąki i pastwiska – 23%, zabudowa wiejska Brzeźnicy – 12,5%), z charakterystyczną dla całego Pogórza gęstą siecią dróg i teras śródpolnych, położonych zgodnie z nachyleniem stoków. Dominują stoki o nachyleniach od 3 do 6°. Zlewnia Leśnego Potoku (ok. 0,5 km²) leży w obrębie jednostki śląskiej, którą tworzą głównie piaskowce istebniańskie pokryte utworami lessopodobnymi. Jest ona całkowicie zalesiona. Dominują stoki o nachyleniach od 10 do 15° (Świąchłowicz 2002).

3. Metoda i zakres badań

Wstępne badania hydrochemiczne wykonano latem 2001 r. w zlewniach Kubaleńca i Starej Rzeki. Systematyczne prace, polegające na poborze próbek wód z trzech potoków: Leśnego Potoku, Kubaleńca i Starej Rzeki, rozpoczęto w październiku 2002 r. Prezentowana praca jest oparta na danych zebranych do stycznia 2004 r.

Zmiany składu chemicznego wód w ciągu roku określano na podstawie systematycznego poboru próbek wody; w przypadku makroelementów – co tydzień, a w przypadku związków biogenych – co dwa tygodnie. W czasie dwudziestu

Tab. 1. Metody oznaczeń laboratoryjnych
Table 1. Methods of chemical analyses

Oznaczenie	Metoda oznaczenia
wapń Ca^{2+}	fotometria płomieniowa ¹
magnez Mg^{2+}	spektrofotometryczna (z żółcienią tytanową) ²
sód Na^+	fotometria płomieniowa ¹
potas K^+	fotometria płomieniowa ¹
wodorowęglany HCO_3^-	miareczkowa (acydymetryczna)
siarczany SO_4^{2-}	spektrofotometryczna (turbidymetryczna z BaCl_2) ²
chlorki Cl^-	miareczkowa (argentometryczna - Mohra)
jon amonowy NH_4^+	spektrofotometryczna (metoda indofenolowa - reakcja Berthelota) ²
azotyny NO_2^-	spektrofotometryczna (reakcja Griessa) ²
azotany NO_3^-	spektrofotometryczna (odczynnik - Nitrospectral firmy Merck) ²
ortofosforany PO_4^{3-}	spektrofotometryczna (metoda molibdenianowa z kwasem askorbinowym) ²

¹ urządzenie: fotometr płomieniowy JENWAY PFP 7

² urządzenie: spektrofotometr Merck SQ118

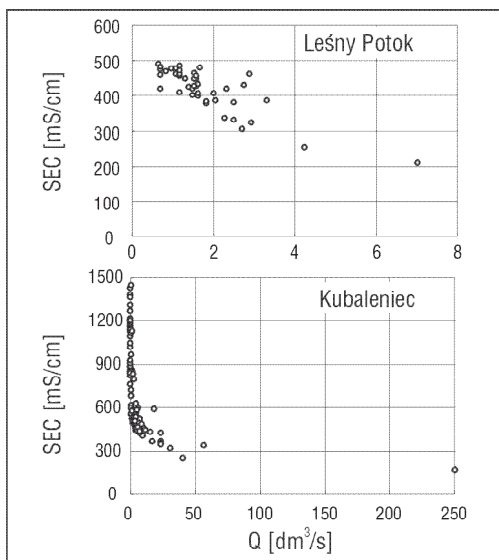
trzech wezbrań próbki wód pobierano z częstotliwością od kilku minut do kilku godzin – zależnie od dynamiki zmian natężenia przepływu, natomiast w czasie międzywezbraniowym przeprowadzono dziesięć 24-godzinnych serii pomiarowych, w czasie których próbki wód pobierano co 2 godziny. W terenie mierzono temperaturę, odczyn i przewodnictwo elektrolityczne właściwe wody (T_{+250C}) przy użyciu miernika wielofunkcyjnego ELMETRON CX-401. Stany wody rejestrowane były w sposób ciągły za pomocą limnigrafu pływakowego, a od czerwca 2003 r. za pomocą automatycznego rejestratora. Natężenie przepływu w Kubaleńcu i Leśnym Potoku w czasie 24-godzinnych eksperymentów przy temperaturach dodatnich mierzono wolumetrycznie, natomiast w zimie, przy temperaturze poniżej -10°C pomiar taki był niemożliwy ze względu na zamarzanie wody na ściankach naczynia.

W laboratorium IGiP UJ w Łazach k. Bochni ponownie mierzono odczyn i przewodnictwo wody (miernik wielofunkcyjny ELMETRON CX-741) oraz oznaczano koncentrację zawiesiny. W przesączonych próbkach wody (sączek $0,45\ \mu\text{m}$) oznaczano stężenie makroelementów (wapnia Ca^{2+} , magnezu Mg^{2+} , sodu Na^+ , potasu K^+ , wodorowęglanów HCO_3^- , siarczanów SO_4^{2-} , chlorków Cl^-) oraz związków biogennych (amonu NH_4^+ , azotynów NO_2^- , azotanów NO_3^- , ortofosforanów PO_4^{3-}). Metody oznaczeń laboratoryjnych zaprezentowano w tabeli 1.

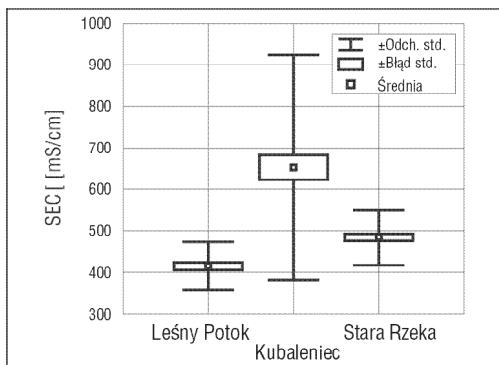
4. Wyniki

4.1. Funkcjonowanie zlewni potoków pogórskich w ciągu roku

Stwierdzono wyraźny związek przewodnictwa wód Leśnego Potoku, Kubaleńca i Starej Rzeki z przepływem; w czasie małych przepływów przewodnictwo było zdecydowanie wyższe niż w czasie dużych (ryc. 2). W czasie wysokich przepływów,



Ryc. 2. Związek pomiędzy przewodnictwem elektrolitycznym właściwym (SEC) a natężeniem przepływu (Q) w Leśnym Potoku i w Kubaleńcu
Fig. 2. Electrolytic conductivity (SEC) versus discharge (Q) of Lesny Potok and Kubaleniec

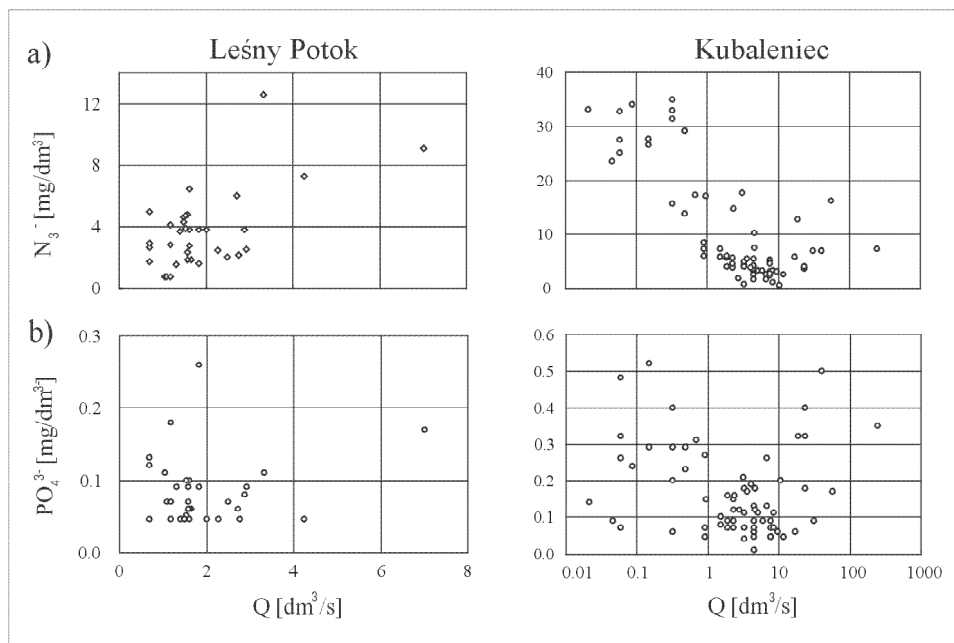


Ryc. 3. Średnia wartość przewodnictwa elektrolitycznego właściwego (SEC) i jego zmiany w ciągu roku w wodach Leśnego Potoku, Kubaleńca i Starej Rzeki

Fig. 3. Mean value of electrolytic conductivity (SEC) of the Lesny Potok, Kubaleniec and Stara Rzeka streamwater and its changes during a year

oprócz zasilania gruntowego, ciekli zasilane były słabo zmineralizowanymi wodami opadowymi, bądź wodami z topniejącej pokrywy śnieżnej. Największe zmiany przewodnictwa wód w ciągu roku występowały w Kubaleńcu (ryc. 3). Było to efektem szybkiej reakcji Kubaleńca na zmiany warunków meteorologicznych w zlewni; w okresie zasilania deszczowego lub roztopowego przepływy szybko wzrastały, natomiast w czasie ciepłego i bezdeszczowego lata – szybko malały (latem 2003 r. potok wysychł). Zmiany przewodnictwa wód Leśnego Potoku i Starej Rzeki w ciągu roku były zdecydowanie mniejsze.

Zmiany stężenia związków biogenych w ciągu roku nawiązywały do zmian przepływu w ciekach oraz do stanu użytkowania zlewni. W Leśnym Potoku, w przypadku NO_3^- występowała zależność polegająca na tym, iż wraz ze wzrostem przepływu stężenie NO_3^- rosło (ryc. 4a), natomiast w przypadku NH_4^+ , NO_2^- i PO_4^{3-} (ryc. 4b) nie stwierdzono wyraźnego związku z przepływem. W rolniczej zlewni Kubaleńca stwierdzono bardziej złożoną reakcję związków biogenych na wzrost przepływu (ryc. 4a, b). Wraz ze wzrostem przepływu wyraźnie malało stężenie NO_3^- , NO_2^- i PO_4^{3-} , aż do osiągnięcia pewnej wartości progowej przepływu. Po przekroczeniu tej wartości, wraz ze wzrostem przepływu następował wzrost stężeń tych związków. Stwierdzony w początkowej fazie spadek stężeń związków biogenych wraz ze wzrostem przepływu był konsekwencją rozcieńczenia



Ryc. 4. Związek pomiędzy stężeniem azotanów NO_3^- (a) i ortofosforanów PO_4^{3-} (b) a natężeniem przepływu (Q) w Leśnym Potoku i w Kubaleniecu

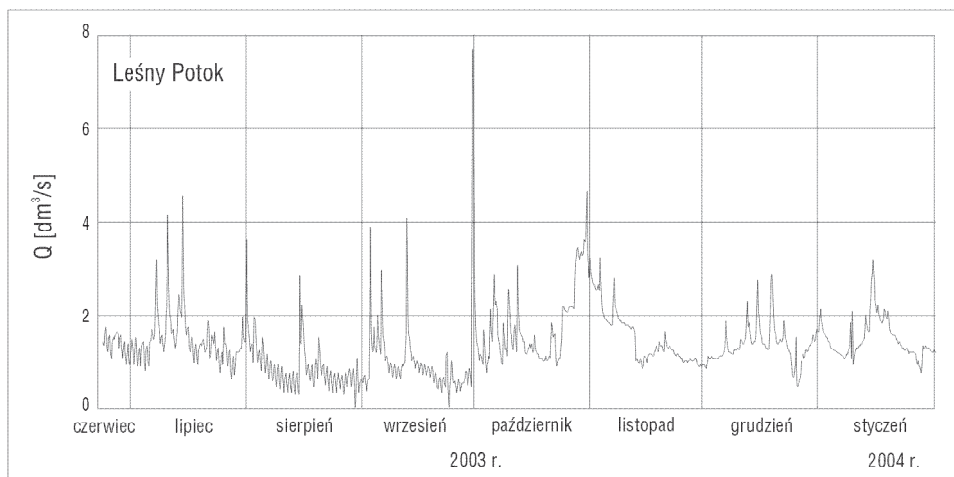
Fig. 4. Concentration of nitrates NO_3^- (a) and orthophosphates PO_4^{3-} (b) versus discharge (Q) of Leśny Potok and Kubaleniec

wód Kubaleńca wodami opadowymi, które docierały do koryta bezpośrednio lub drogą spływu podpowierzchniowego. Przy wyższych przepływach występował spływ powierzchniowy, który dostarczał do koryta dodatkową pulę związków biogennych.

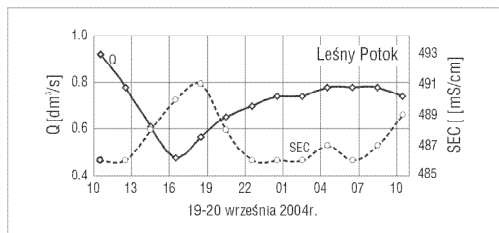
4.2. Funkcjonowanie zlewni potoków pogórskich w czasie doby w okresie międzywezbraniowym

W okresach międzywezbraniowych wraz z upływem czasu, w wyniku zcerpywania się zasobów wód podziemnych w zlewni, następował spadek przepływu w potokach. Krzywa wysychania w okresie letnim wykazywała wyraźny dobowy rytm wahań przepływu, natomiast w zimie nie stwierdzono takich rytmicznych wahań (ryc. 5).

W Leśnym Potoku w czasie lata stwierdzono niewielkie, choć ukierunkowane zmiany przewodnictwa w cyklu dobowym – najwyższe występowało w czasie najniższych przepływów (po południu lub wieczorem), natomiast najniższe w czasie najwyższych przepływów (nad ranem) (ryc. 6). Było to wynikiem intensywnej ewapokoncepcji jonów w wodzie w ciągu dnia, aniżeli w nocy.



Ryc. 5. Natężenie przepływu (Q) w Leśnym Potoku w sezonie letnim i zimowym 2003-2004 r.
Fig. 5. Discharge of Lesny Potok in the summertime and wintertime of 2003-2004



Ryc. 6. Zmiany natężenia przepływu (Q) i przewodnictwa elektrolitycznego właściwego (SEC) wód Leśnego Potoku w czasie jednej doby (19-20 września 2002 r.) w okresie międzyzbraniowym podczas niskich stanów wód
Fig. 6. Diurnal fluctuation of discharge (Q) and electrolytic conductivity (SEC) of the Lesny Potok streamwater between flood events during low flow period (19-20 September 2003)

Stwierdzono niewielkie zmiany stężenia makroelementów (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) i wyraźną rytmikę stężeń związków biogenych: jonu amonowego, azotanów, azotanów i ortofosforanów.

W wodach Kubaleńca występowała odmienna reakcja składu chemicznego wód na zmiany przepływu w ciągu doby niż w wodach Leśnego Potoku. Wraz ze spadkiem przepływu w ciągu dnia, wyraźnie malało przewodnictwo (ryc. 7) oraz zmniejszało się stężenie makroelementów i azotanów, natomiast wzrastało stężenie pozostałych związków biogenych (NH_4^+ , NO_2^- i PO_4^{3-}).

Zupełnie inaczej zmieniał się latem skład chemiczny wód w Kubaleńcu – wraz ze spadkiem przepływu w ciągu dnia, wyraźnie malało przewodnictwo

(ryc. 7) oraz zmniejszały się stężenia makroelementów i azotanów, natomiast wzrastały stężenia pozostałych związków biogenych (NH_4^+ , NO_2^- i PO_4^{3-}). Ich przyczyną był zmieniający się w ciągu doby – w wyniku zmiennego natężenia ewapotranspiracji – mechanizm zasilania cieką w wodę. W czasie wzrostu przepływu w nocy i nad ranem, w zasilaniu Kubaleńca zwiększał się udział płytkich wód aluwial-

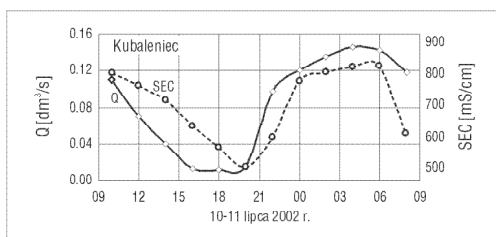
Tab. 2. Średnia wartość przewodnictwa elektrolitycznego właściwego (SEC) oraz stężenia makroelementów (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) i związków biogenych (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) w wodach Kubaleńca (K) i Leśnego Potoku (LP) w czasie 24 godzinnych serii pomiarowych w okresie międzywzbraniowym

Table 2. Mean value of electrolytic conductivity (SEC) and concentrations of macroelements (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) and nutrients (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) in the Kubaleniec (K) and Lesny Potok (L) streamwater during 24-hour sampling periods in low flow conditions

Data	SEC $\mu\text{S}/\text{cm}$	NH_4^+ mg/dm^3	NO_2^- mg/dm^3	NO_3^- mg/dm^3	PO_4^{3-} mg/dm^3
2002-07-24 21:20	1217	3.09	0.157	0.00	3.6
2002-07-25 1:25	550	1.74	0.079	0.00	0.59
2002-07-25 5:25	499	0.92	0.075	0.25	0.36
2002-07-25 9:20	-	1.41	0.374	-	5.8
2002-07-25 13:30	1772	14.29	0.179	0.21	35

nych oraz wód pochodzących z różnych typów wypływów (źródeł, młak, wycieków) znajdujących się w środkowej i górnej części zlewni. W wyniku intensywnego nawożenia organicznego płytkie wody aluwialne w zlewni Kubaleńca były mocno zanieczyszczone (tab. 2), a wody z wypływów znajdujących się w prawobrzeżnej części zlewni często transportowały ścieki bytowe odprowadzane z gospodarstw położonych na wododziale we wsi Brzeźnica. W czasie spadku przepływu w Kubaleńcu w ciągu dnia – na skutek intensywnego parowania – zmniejszał się udział tych zanieczyszczonych wód w zasilaniu cieku. Kubaleniec zasilany był wtedy głównie wodami aluwialnymi głębszego krążenia, które charakteryzowały się niższym przewodnictwem i stężeniem makroelementów.

W czasie 24-godzinnych eksperymentów przeprowadzonych latem przewodnictwo i stężenie jonów oraz ich zmiany były wielokrotnie większe w Kubaleńcu, niż w Leśnym Potoku (tab. 3, ryc. 8).

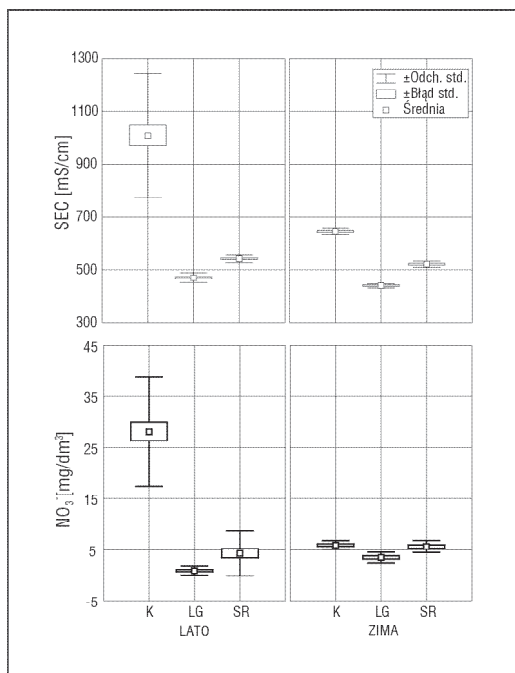


Ryc. 7. Zmiany natężenia przepływu (Q) i przewodnictwa elektrolitycznego właściwego (SEC) wód Kubaleńca w czasie jednej doby (10-11 lipca 2002 r.) w okresie międzywzbraniowym podczas niskich stanów wód i wysokich temperatur powietrza
Fig. 7. Diurnal fluctuation of discharge (Q) and electrolytic conductivity (SEC) of the Kubaleniec streamwater during low flow period (10-11 July 2002)

Tab. 3. Przewodnictwo elektrolityczne właściwe (SEC) i stężenie związków biogenych (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) w płytkich wodach aluwialnych płaskodennej doliny Kubaleńca w okresie międzywzbraniowym

Tab. 3. Electrolytic conductivity (SEC) and nutrient concentrations (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) in the shallow alluvial groundwater in the valley of Kubaleniec during low flow period

	Data	SEC $\mu\text{S}/\text{cm}$	NH_4^+ mg/dm^3	NO_2^- mg/dm^3	NO_3^- mg/dm^3	PO_4^{3-} mg/dm^3	Ca^{2+} mg/dm^3	Mg^{2+} mg/dm^3	Na^+ mg/dm^3	K^+ mg/dm^3	HCO_3^- mg/dm^3	SO_4^{2-} mg/dm^3	Cl^- mg/dm^3
K	10-11 07.2002	701	0.20	0.22	23	0.25	100	21	27	3	258	64	71
K	10-11 01.2003	644	0.34	0.03	6	0.10	76	17	26	3	270	51	33
K	24-25 07.2003	1147	0.16	0.41	42	0.51	142	26	52	5	297	185	175
K	19-20 09.2003	1188	0.65	0.81	20	0.17	127	48	56	5	426	135	113
LP	10-11 01.2003	439	0.06	0.04	4	0.06	46	18	10	2	167	65	8
LP	24-25 07.2003	451	0.02	0.02	2	0.17	51	19	11	1	200	79	10
LP	19-20 09.2003	487	0.01	0.00	0	0.09	59	30	13	2	281	64	8



Ryc. 8. Średnia wartość przewodnictwa elektrolitycznego właściwego (SEC) i stężenia azotanów NO_3^- w wodach Lesnego Potoku, Kubaleńca i Starej Rzeki oraz zmiany tych parametrów w czasie 24 godzinnych serii pomiarowych w lecie i w zimie Fig. 8. Mean value of electrolytic conductivity (SEC) and concentration of nitrates NO_3^- in the Lesny Potok, Kubaleniec and Stara Rzeka streamwater and its changes during 24-hour experiments in summertime and wintertime

Analogiczne badania przeprowadzono w zimie przy temperaturze powietrza poniżej -10°C . We wszystkich ciekach zaobserwowano wzrost przewodnictwa w nocy, a spadek w dzień. Średnie stężenia związków biogennych były znacznie mniej zróżnicowane i wielokrotnie niższe niż latem (tab. 3, ryc. 8).

4.3. Funkcjonowanie zlewni potoków pogórskich podczas wezbrań

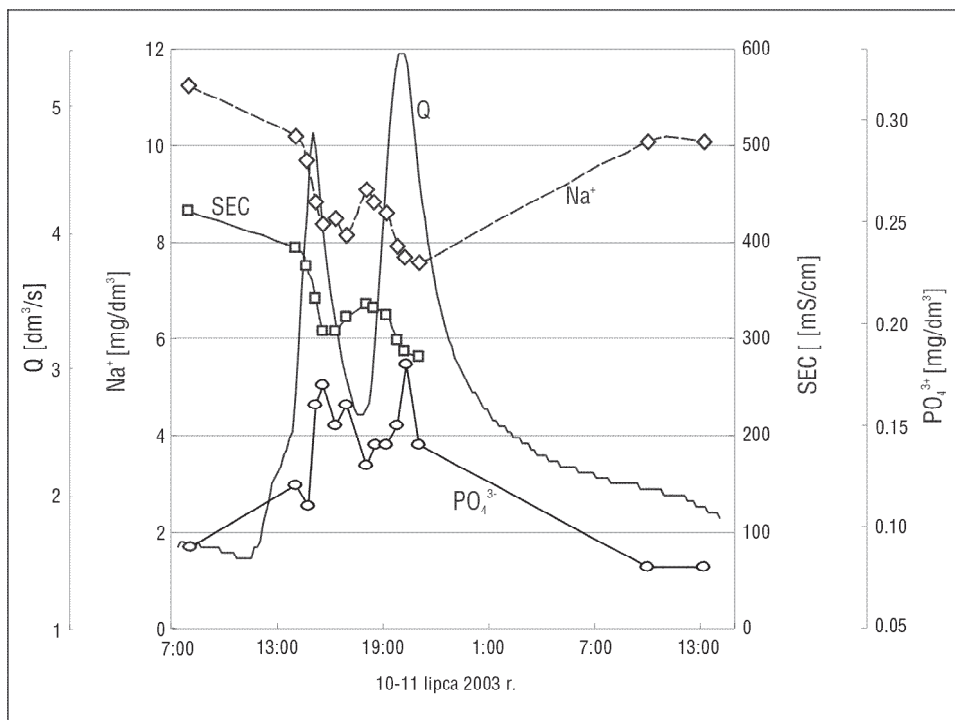
Sposób użytkowania ziemi wyraźnie wpływał na skład chemiczny wód odpływających ze zlewni w czasie wezbrań letnich. Związane było to z odmiennym krążeniem wód w zlewni leśnej i rolniczej.

W zlewni Leśnego Potoku, o szybkim wzroście przepływu w cieku decydował spływ śródpokrywowy. Docieranie wód opadowych do koryta Leśnego Potoku ułatwiała gęsta sieć debrzy i wciosów, drenujących pokrywy w górnej części zlewni. Spływ powierzchniowy odgrywał niewielką rolę w kształtowaniu hydrogramu wezbrań i pojawiał się dopiero po odpowiednim nasączeniu pokryw zwietrzelinowych wodami opadowymi. Najdogodniejszymi drogami spływu powierzchniowego były leśne ścieżki. Skład chemiczny wód Leśnego Potoku reagował z opóźnieniem na zmiany przepływu; ekstremalne stężenia jonów (maksymalne i minimalne) występowały po kulminacji wezbrania (ryc. 9). Opóźniona reakcja składu chemicznego wód wynikała z przemywania pokryw zwietrzelinowych infiltrującymi wodami opadowymi oraz pojawieniem się – po nasączeniu pokryw – spływu powierzchniowego. Histerezy przewodnictwa wody i stężenia jonów, które zmniejszały stężenie wraz ze wzrostem przepływu (Ca^{2+} , Na^{+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} , Cl^{-}), przyjmowały zwrot zgodny z ruchem wskazówek zegara (ryc. 10). W przypadku jonów, których stężenia zwiększały się wraz ze wzrostem przepływu (K^{+} , NH_4^{+} , PO_4^{3-}), zwrot histerez był przeciwny do ruchu wskazówek zegara.

Reakcja składu chemicznego wód Kubaleńca na wzrost przepływu była inna – ekstremalne stężenie jonów występowało przed kulminacją wezbrania, co wynikało z odmiennego krążenia wód w zlewni rolniczej, niż w zlewni leśnej. Gęsta sieć dróg polnych oraz bruzd oddzielających poszczególne działki w zlewni Kubaleńca powodowała, że po wystąpieniu opadu bardzo szybko formował się spływ powierzchniowy. Histerezy przewodnictwa i jonów, które zmniejszały stężenia wraz ze wzrostem przepływu (Ca^{2+} , Na^{+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} , Cl^{-}), przyjmowały zwrot przeciwny do ruchu wskazówek zegara (ryc. 10). W przypadku jonów, które zwiększały stężenia wraz ze wzrostem przepływu (K^{+} , NH_4^{+} , PO_4^{3-}) zwrot histerez był zgodny z ruchem wskazówek zegara.

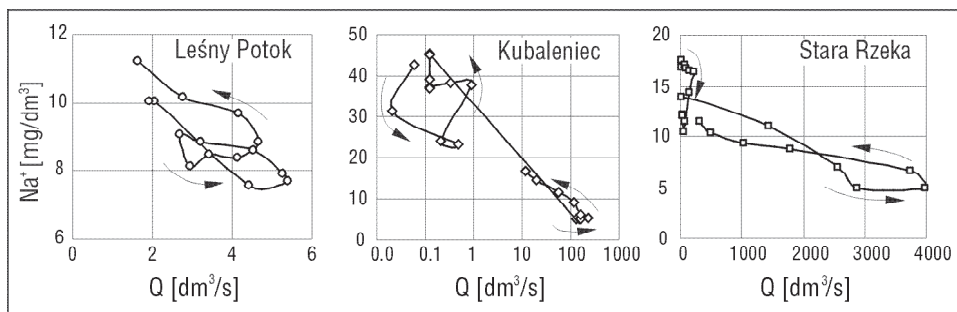
Reakcja składu chemicznego wód Starej Rzeki, drenującej zlewnię o złożonej strukturze zagospodarowania, w czasie wezbrań letnich była zróżnicowana; histerezy stężeń jonów przyjmowały złożone formy (ryc. 10).

Odmienność funkcjonowania zlewni różnie użytkowanych zanikała w czasie wezbrań roztopowych (roztopowo-deszczowych) zachodzących przy przemarzniętej pokrywie glebowej, która uniemożliwiała powstawanie spływu śródpokrywowego. Do potoków dostawała się jedynie woda gruntowa oraz woda z topniejącej pokrywy śnieżnej. Histerezy przyjmowały postać bardzo wąskich pętli.



Ryc. 9. Zmiany składu chemicznego wód Leśnego Potoku w czasie wezbrania deszczowego z dwoma kulminacjami

Fig. 9. Changes of chemical composition of Lesny Potok streamwater during flood event with two peaks



Ryc. 10. Związek pomiędzy stężeniem sodu Na^+ a natężeniem przepływu (Q) podczas wezbrań deszczowych w Leśnym Potoku, Kubaleńcu i Starej Rzece (efekt histerezy)

Fig. 10. Concentration of sodium Na^+ versus discharge (Q) of Lesny Potok, Kubaleńiec and Stara Rzeka during flood events (hysteretic loops)

5. Uwagi końcowe

Badania hydrochemiczne małych cieków wnoszą istotne informacje na temat funkcjonowania zlewni w ciągu roku; w czasie wezbrań oraz w okresach międzywezbraniowych. Funkcjonowanie małych zlewni pogórskich zależy od użytkowania ziemi, które kształtuje sposób krążenia wód. Największe różnice w składzie chemicznym potoków odwadniających zlewnie leśną i rolniczą stwierdzono w sezonie letnim, natomiast najmniejsze w sezonie zimowym. Zimą, przemarznięta pokrywa zwietrzelinowo-glebowa, uniemożliwiła powstanie spływu śródpokrywego. Do potoków dostawała się jedynie woda gruntowa oraz woda z topniejącej pokrywy śnieżnej.

Na szczególną uwagę zasługują znaczące zmiany przepływu i składu chemicznego wód w potokach w czasie doby, w okresach międzywezbraniowych, które świadczą o dynamicznych zmianach warunków obiegu wody w zlewni.

Projekt finansowany ze środków KBN 3P04G 050 22

LITERATURA:

- Chełmicki W., 2001, *Woda. Zasoby, degradacja, ochrona.*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Drever J.I., 1997, *The geochemistry of natural waters. Surface and groundwater environments.*, 3rd ed., University of Wyoming.
- Froehlich W., 1982, *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*, Pr. Geogr. IGI PZ PAN, 143.
- Gutry-Korycka M., 1990, *Zlewnia i jej parametry*, [w:] Soczyńska U. (red.), *Podstawy hydrologii dynamicznej*, Wyd. UW, Warszawa.
- Olewicz Z.R., 1973, *Geologia przedkarpackiego obszaru między Wieliczką a Bochnią*, Pr. Inst. Naft., Wyd. „Śląsk”, Katowice, 52.
- Pekarova P., Miklanek P., Konicek A., Pekar J., 1999, *Water quality in experimental basins*, Institute of Hydrology SAS, Bratislava.
- Świąchowicz J., 2002, *Współdziałanie procesów stokowych i fluwialnych w odprowadzaniu materiału rozpuszczonego i zawiesiny ze zlewni pogórskiej*, [w:] *Przemiany środowiska na Pogórzu Karpackim*, 3, IGI PZ UJ, Kraków.
- Walling D. E., Foster I. D., 1975, *Variations in the natural chemical concentration of river water during flood flows, and the lag effect: some further comments*, J. Hydrol., 26, 237-244.

FUNCTIONING OF SMALL CARPATHIAN FOOTHILLS CATCHMENTS WITH DIFFERENT LANDUSE ON THE BASIS OF STREAMWATER CHEMICAL COMPOSITION (LAZY K. BOCHNI)

SUMMARY

Changes of streamwater chemical composition provide information about processes occurring in the catchment including streamwater supply mechanism. The aim of this paper is to recognize regularity of annual and diurnal functioning of small catchments of different landuse on the basis of hydrochemistry research.

The study was carried out in the Stara Rzeka catchment (22 km²) and in two of its subcatchments: Kubaleniec (agricultural, 1 km²) and Leśny Potok (forested, 0.6 km²). In 2002-2004 streamwater samples were collected regularly biweekly and – more frequently – during 23 flood events and 10 diurnal experiments under the low flow conditions. Concentrations of macroelements (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl), nutrients (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻), electrolytic conductivity, pH and concentration of suspended matter were analyzed.

The most distinct streamwater chemical composition differences between three streams were observed in summertime; the highest ion concentration were in the Kubaleniec streamwater (agriculture catchment), the lowest – in the Lesny Potok (forested catchment). In wintertime there was lack of midsoil runoff because the soil was deeply frozen. Midsoil runoff was the main factor which generated the differences in the streamwater chemical composition between three catchments of different landuse.

The study also showed the most distinct diurnal changes of discharge and streamwater quality during low flow periods, especially in the stream draining agriculture catchment. The changes of discharge were caused by evapotranspiration however it affected the 24-hour streamwater chemical composition in different way, depending on the land use of catchment.

*Joanna Raczak, Mirosław Żelazny
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Jagielloński
Kraków*