

AMANDA KOSMOWSKA, MIROŚLAW ŻELAZNY, STANISŁAW MAŁEK, JOANNA P. SIWEK

Wpływ wylesień na krótkoterminowe zmiany składu chemicznego wody w zlewni Potoku Malinowskiego (Beskid Śląski)*

Influence of deforestation on short-term changes in the chemical composition of water in the Malinowski Stream catchment (southern Poland)

ABSTRACT

Kosmowska A., Żelazny M., Małek S., Siwek J. P. 2015. Wpływ wylesień na krótkoterminowe zmiany składu chemicznego wody w zlewni Potoku Malinowskiego (Beskid Śląski). Sylwan 159 (9): 778-790.

The aim of the study was to determine the effect of deforestation caused by environmental pollution on the chemical composition of stream waters draining the small catchments located in the Skrzyczne massif (Beskid Śląski, southern Poland). In the 1950-60s this area was subjected to heavy anthropogenic pressure with excessive deposition of sulfur and nitrogen compounds. It resulted in the damage to the stands and deforestation of the ridge fragments of the studied area. The study was conducted in the catchment of the Malinowski Stream and its two subcatchments: forested and deforested in 2013. Waters of the studied streams characterized by low conductivity and mineralization. In the ridge subcatchments they were slightly acidic and in the main catchment – slightly alkaline. In all catchments anions were predominated by sulfates – with the largest in the deforested catchment (31% mval/L). Also nitrates had very large share in the structure of the chemical composition of water, particularly in the forested catchment (15% mval/L). Interestingly, there were low levels of bicarbonates, particularly in the ridge catchments, with their share lower than sulfates and nitrates. Cations in all streams were predominated by calcium. The structure of the chemical composition of water of the Malinowski Stream, expressed by the average share of individual ions was as follows: $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-NO}_3\text{-Cl-F-Ca-Na-Mg-K-NH}_4$, and in the case of streams draining small ridge catchments: $\text{-SO}_4\text{-NO}_3\text{-HCO}_3\text{-Cl-F-Ca-Na-Mg-K-NH}_4$. Conductivity of water decreased together with increased water levels in streams during floods. In the deforested catchment this decrease was more evident. The reaction of nitrate concentration to the increase in water level was however different, as in the stream draining the forested catchment it decreased sharply, while in the deforested catchment it decreased slightly or remained at the similar level. In the dry periods the chemical composition of waters of the examined streams were subject to far less change than during the floods, with the changes of e.g. conductivity being much higher in the stream draining the forested catchment.

KEY WORDS

streamwater chemistry, sulfur, nitrogen, flood events, deforestation

*Badania przeprowadzono w ramach grantu NCN 2011/01/B/NZ9/04615 „Wpływ wylesień spowodowanych klęską ekologiczną na zróżnicowanie przestrzenne i zmiany chemizmu wód źródłanych i powierzchniowych w Beskidzie Śląskim”.

ADDRESSES

Amanda Kosmowska ⁽¹⁾, Mirosław Żelazny ⁽¹⁾, Joanna P. Siwek ⁽¹⁾

Stanisław Małek ⁽²⁾ – e-mail: rlmalek@cyf-kr.edu.pl

⁽¹⁾ Zakład Hydrologii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie; ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków

⁽²⁾ Zakład Ekologii Lasu i Rekultywacji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

Wstęp

Skład chemiczny wód rzecznych w zlewniach górskich kształtowany jest przede wszystkim przez procesy fizykochemiczne i biochemiczne zachodzące w płytkiej warstwie skalno-zwierzelinowej, w tzw. strefie aeracji. Na skład chemiczny wód rzecznych wpływają zarówno czynniki abiotyczne (np. budowa geologiczna zlewni, tempo krążenia wody na stoku, dostawa zanieczyszczeń drogą atmosferyczną), jak i czynniki biotyczne (np. działalność mikroorganizmów w zwierzelinie i glebach, rodzaj pokrywy roślinnej). Ważną rolę odgrywa także sposób zagospodarowania zlewni – według Czopa i in. [2008] nawet niewielkie zmiany lokalnych warunków zagospodarowania w rejonie źródeł lub na obszarze strefy ich zasilania mogą silnie oddziaływać nie tylko na wydajność, ale również na skład chemiczny wód źródłanych. Obserwowane w ostatnich latach zmiany warunków meteorologiczno-klimatycznych są ważnym czynnikiem wpływającym na zasoby wodne zlewni górskich. Według Małka i Gawędy [2006a, b] oraz Małka i Krakowian [2009a, b, 2012] zmiany te powodują obniżenie zwierciadła wód gruntowych w zlewniach, czego skutkiem jest zwiększona częstotliwość występowania susz hydrologicznych oraz ich wpływ na jakość i skład chemiczny wód źródeł.

Według Małka i in. [2005] oraz Małka [2010] pierwsze objawy wzmoczonego procesu zamierania drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim zauważono w latach 60.-70. XX wieku. Rejon ten był poddany znacznej depozycji zanieczyszczeń powietrza – zwłaszcza siarką, a w ostatniej dekadzie również azotem. W województwie katowickim pod koniec lat 70. XX wieku emisja zanieczyszczeń pyłowych wynosiła ponad 600 tys. ton/rok, a zanieczyszczeń gazowych ponad 1500 tys. ton/rok. Obecnie na tym obszarze emisja pyłów spadła do około 10 tys. ton/rok, natomiast emisja zanieczyszczeń gazowych do około 700 tys. ton/rok [Rocznik... 1979-1998; 2000-2014]. Dodatkowo warunki pogodowe w latach 2003-2007 [Durło 2010] przyczyniły się do znacznego zamierania drzewostanów świerkowych [Małek i in. 2012, 2014]. Niemtur i in. [2005], Małek i in. [2006, 2010] oraz Astel i in. [2008, 2009] zaobserwowali, że zamieranie drzewostanu świerkowego w Beskidzie Śląskim i Żywieckim miało wpływ na skład chemiczny wód źródłanych. Jasik i Małek [2013] odnotowali znaczny wpływ depozycji atmosferycznej zanieczyszczeń w Górach Świętokrzyskich na skład chemiczny i jakość wód źródeł.

Celem prezentowanych badań było określenie podstawowych charakterystyk składu chemicznego wód Malinowskiego Potoku oraz jego dwóch przygrzbietowych zlewni cząstkowych. Podjęto próbę rozpoznania wpływu wylesienia zlewni na krótkoterminowe zmiany składu chemicznego wód rzecznych: w czasie wezbrań i w czasie niżówek. Cel ten realizowano poprzez porównanie zmian składu chemicznego wód w zlewni zalesionej i wylesionej położonych w strefie przygrzbietowej na tle zlewni Malinowskiego Potoku.

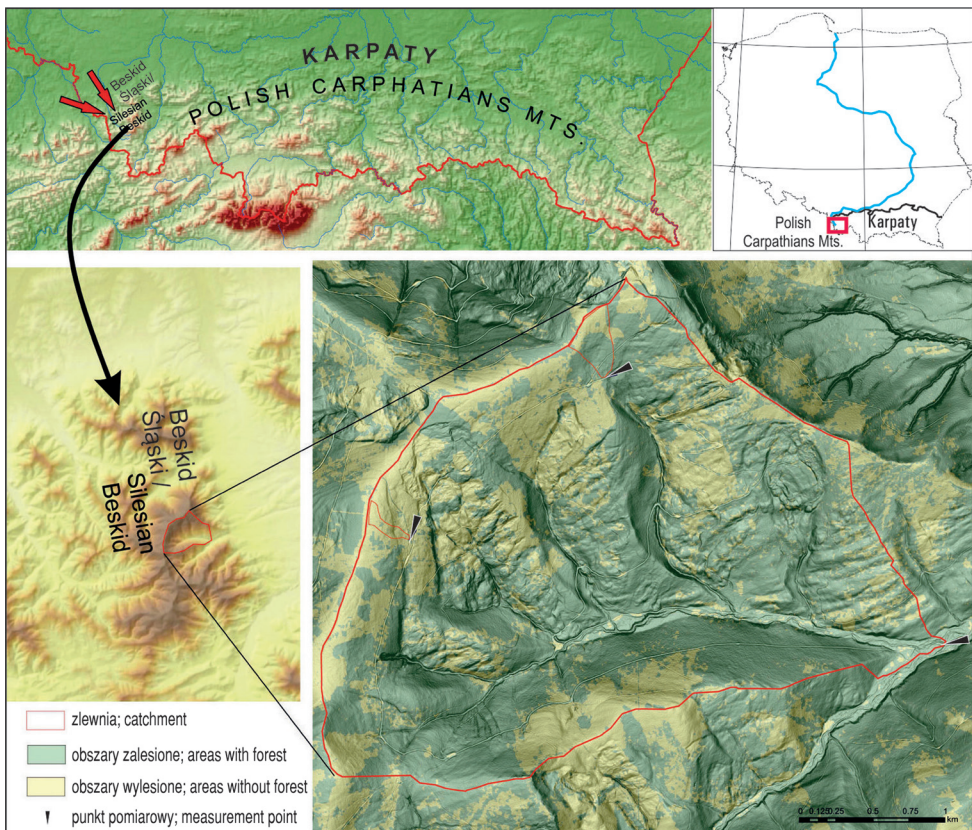
Obszar badań

Badania prowadzono w zlewni Malinowskiego Potoku oraz w jego dwóch zlewniach cząstkowych charakteryzujących się różnym stopniem zalesienia. Zlewnie te położone są w masywie

Skrzycznego (1257 m n.p.m.) w Beskidzie Śląskim, który wchodzi w skład Karpat Zachodnich (ryc. 1). W latach 70. XX wieku zlewnia Malinowskiego Potoku (8,36 km²) była całkowicie zalesiona, jednak obecnie las stanowi 68,5% jej powierzchni. Szczególnie silnie zostały wylesione górne, przygrzbietowe fragmenty zlewni. W celu określenia wpływu wylesień na skład chemiczny wód rzecznych wydzielono w przygrzbietowej części zlewni Malinowskiego Potoku dwie zlewnie cząstkowe: w 92% zalesioną (0,09 km²) i całkowicie wylesioną (0,03 km²). Zlewnie te stanowią 1,4% powierzchni zlewni Malinowskiego Potoku. Zlewnia ta położona jest w obrębie tzw. warstw godulskich, które zbudowane są z piaskowców z niewielkim udziałem łupków [Szczegółowa... 1966a,b; Alexandrowicz 1999]. Średnie nachylenie zlewni Malinowskiego Potoku jest równe 20,0°, przy czym nachylenie przygrzbietowych zlewni cząstkowych jest nieco mniejsze i wynosi: w zlewni zalesionej – 15,9°, a w zlewni wylesionej – 15,4°.

Materiał i metody

BADANIA TERENOWE. Badania terenowe były prowadzone od kwietnia do listopada 2013 roku. Na stanowiskach pomiarowych zamykających badane zlewnie, wyposażonych w przelewy Thomsona, mierzono co 10 minut cechy fizykochemiczne wód, takie jak temperaturę [°C], przewodność [µS/cm], odczyn (pH), a także stan wody [cm]. Dla przewodności przyjęto tempera-



Ryc. 1.

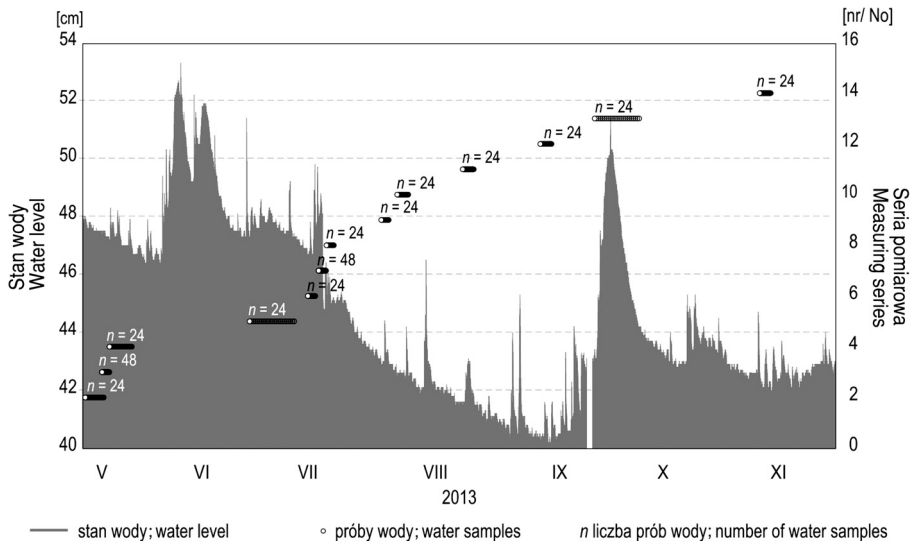
Obszar badań
Study area

tureę odniesienia 25°C. Cechy fizykochemiczne mierzono wieloparametrowym miernikiem Professional YSI PLUS, a stan wody cyfrowym limnietrem Odyssey Capacitance Water Level Probes. Próbkę wody pobierano przy pomocy trzech autosamplerów Teledyne ISCO 6712 z częstotliwością od 1 do 12 godzin w czasie fal wezbraniowych (6 serii) oraz w okresach bezopadkowych (8 serii). W czasie 8 miesięcy zebrano w ten sposób 1152 próbki wody (ryc. 2).

BADANIA LABORATORYJNE. Analizy składu chemicznego wód wykonano w Laboratorium Geochemii Środowiska i Terenów Przeznaczonych do Rekultywacji Katedry Ekologii Lasu i Gleboznawstwa Leśnego Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. W celu weryfikacji wartości przewodności i odczynu uzyskanych za pomocą mierników YSI zmierzono ponownie przewodność i odczyn po przywiezieniu prób wód z terenu do laboratorium. Przygotowanie wody do analizy chromatograficznej polegało na jej przesączeniu przez filtr strzykawkowy z membraną PTFE (0,45 µm). Analizę składu chemicznego wód wykonano systemem chromatograficznym RISC DIONEX 5000, który umożliwia jednoczesne oznaczenie 14 jonów w zakresie:

- 1) jonów głównych: wapnia (Ca^{2+}), magnezu (Mg^{2+}), sodu (Na^+), potasu (K^+), wodorowęglanów (HCO_3^-), siarczanów (SO_4^{2-}) i chlorków (Cl^-);
- 2) związków biogennych: jonu amonowego (NH_4^+), azotynów (NO_2^-), azotanów (NO_3^-) i fosforanów (PO_4^{3-});
- 3) mikroelementów: litu (Li^+), bromu (Br^-) i fluorków (F^-).

Mineralizacja wód (M) została obliczona jako suma oznaczonych jonów. Skład chemiczny wód zinterpretowano zarówno ze względu na stężenie jonów (mg/L), jak i udział jonów w strukturze składu chemicznego wyrażonego w % mval/L. Udział jonów w strukturze obliczono, przyjmując



Ryc. 2.

Liczba pobranych próbek wody (n) w czasie 14 serii pomiarowych w potoku odwadniającym zlewnię zalesioną na tle stanów wody

Number of stream water samples (n) collected in a forested catchment during 14 measurement campaigns – stream water levels in the background

Objaśnienie: seria pomiarowa numer 1 wykonana w kwietniu 2013 r. (n=24) nie znajduje się na rycinie, ponieważ w tym czasie nie rejestrowano stanów wody.

Explanation: the measuring series number 1 made in April, 2013 (n=24) is not included in the figure because water level was not recorded at that time.

udział kationów i anionów za 100%. Pod względem hydrochemicznym wody podzielono zgodnie z klasyfikacją Szczukariewa-Prikłofńskiego [Macioszczyk 1987], która wykorzystuje założenie, że o charakterze chemicznym wód naturalnych decyduje sześć jonów głównych (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} i Na^+). W typie hydrochemicznym występują jony w ilości nie mniejszej niż 10% mval/L, a nazwa rozpoczyna się członem anionowym. W interpretacji składu chemicznego wód w tabelach zrezygnowano z podawania stężenia jonów Li^+ , Br^- , PO_4^{3-} i NO_2^- , które z reguły występowały w stężeniu poniżej limitu detekcji. Skład chemiczny wód potoków scharakteryzowano następującymi miarami statystycznymi: średnią arytmetyczną oraz decylami $D_{10\%}$ i $D_{90\%}$. W celu określenia zmienności składu chemicznego wód użyto miary dyspersji (rozproszenia) – współczynnika zmienności (Cv) zdefiniowanego jako iloraz odchylenia standardowego i średniej – wyrażonego w procentach [Węglarczyk 2010]. Istotność różnic między wartościami wszystkich analizowanych cech chemicznych sprawdzono za pomocą analizy wariancji (ANOVA) i testu *post-hoc* Scheffégo. We wszystkich obliczeniach przyjęto poziom istotności $p < 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wody ciekłu głównego Malinowskiego Potoku charakteryzują się słabo zasadowym odczynem, który wynosi średnio 7,11 pH. Cieki odwadniające dwie przygrzbietowe zlewnie cząstkowe zlewni Malinowskiego Potoku odznaczają się natomiast odczynem słabo kwaśnym (tab. 1). W zlewni zalesionej wody są mniej zakwaszone (\bar{x} 6,38 pH) niż w zlewni wylesionej (średnio 5,60 pH). Wody Malinowskiego Potoku odznaczają się wyższą przewodnością i mineralizacją (średnio odpowiednio 77,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i 31,29 mg/L) niż wody zlewni cząstkowych: zalesionej (46,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i 20,8 mg/L) i wylesionej (39,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i 20,54 mg/L).

Tabela 1.

Średnia (\bar{x}), 1. i 9. decyl ($D_{10\%}$, $D_{90\%}$) oraz współczynnik zmienności (Cv [%]) odczynu (pH), przewodności (SC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]), temperatury (T [$^{\circ}\text{C}$]) i mineralizacji (M [mg/L]) wody w analizowanych zlewniach Mean (\bar{x}), 1st and 9th decile ($D_{10\%}$, $D_{90\%}$) and coefficient of variance (Cv [%]) of pH, specific conductance (SC [$\mu\text{S}/\text{cm}$]), temperature (T [$^{\circ}\text{C}$]) and mineralization (M [mg/L]) of waters in analysed catchments

	pH	SC	T	M
Zlewnia zalesiona Forested catchment				
\bar{x}	6,38	46,4	9,2	20,80
$D_{10\%}$	6,19	38,9	5,4	16,86
$D_{90\%}$	6,59	52,0	9,9	27,69
Cv	4,99	17,3	103,9	21,90
Zlewnia wylesiona Deforested catchment				
\bar{x}	5,60	39,2	6,6	20,54
$D_{10\%}$	5,41	36,1	5,8	16,59
$D_{90\%}$	5,82	42,5	7,6	23,85
Cv	4,23	6,11	10,9	18,38
Malinowski Potok Malinowski Stream				
\bar{x}	7,11	77,5	9,8	31,29
$D_{10\%}$	6,80	64,9	6,3	20,64
$D_{90\%}$	7,50	92,9	13,3	47,54
Cv	4,01	16,5	27,0	33,86

Na szczególną uwagę zasługują stosunkowo wysokie wartości stężenia siarczanów i azotanów w wodach badanych potoków. Najwyższe stężenie siarczanów występuje w wodach cieków głównego ($\bar{x}=9,42$ mg/L); w wodach cieków odwadniających przygrzbietowe zlewnie cząstkowe stężenie siarczanów jest nieco niższe i wynosi średnio 8,96 mg/L w zlewni wylesionej i 7,08 mg/L w zlewni zalesionej (tab. 2). Stężenie azotanów jest najwyższe w potoku odwadniającym zlewnię zalesioną i wynosi średnio 5,52 mg/L. W potokach odwadniających dwie pozostałe zlewnie (wylesioną i Malinowskiego Potoku) stężenia azotanów jest o około 1 mg/L niższe niż w potoku odwadniającym zlewnię zalesioną i wynosi odpowiednio 4,52 i 4,68 mg/L. W zlewni zalesionej stosunek stężenia azotanów do siarczanów jest wyższy niż w zlewni wylesionej i Malinowskiego Potoku (ryc. 3a). Różnica ta jest jeszcze wyraźniejsza w przypadku stosunku udziału azotanów do siarczanów w strukturze składu chemicznego wód (ryc. 3b). Godnym uwagi zjawiskiem jest bardzo niskie wśród anionów stężenie wodorowęglanów. Dotyczy to szczególnie wód cieków odwadniających dwie przygrzbietowe zlewnie cząstkowe zlewni Malinowskiego Potoku. W Karpatach fliszowych wodorowęglany są na ogół jonami dominującymi wśród anionów [Bombówna 1969; Maultz 1972; Welc 1985; Drużkowski, Szczepanowicz 1988; Żelazny 1995, 2005; Siwek 2012]. Także w obszarze wysokogórskim Tatr Polskich podczas kilkuletnich badań 23 potoków (2007-2009) Żelazny [2012] wykazał, że wśród anionów występuje dominacja wodorowęglanów w strukturze składu chemicznego wody, bez względu na uwarunkowania hydrometeorologiczne i litologiczne. Ich udział w strukturze składu chemicznego zmieniał się od 48,8% mval/L w wodzie potoku Rozтока do 95,7% mval/L w wodach potoku Biały.

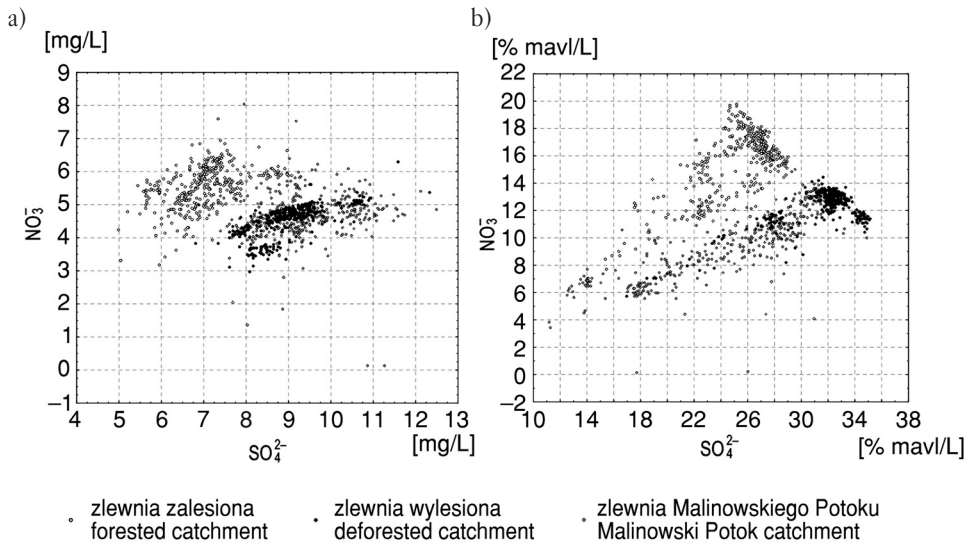
Wśród kationów w najwyższym stężeniu w wodach wszystkich potoków występuje wapń, przy czym najwyższe jego stężenie występuje w Malinowskim Potoku ($\bar{x}=5,08$ mg/L), a najniższe – w zlewni wylesionej (2,86 mg/L). Drugim kationem występującym w wysokim stężeniu jest sód, który w najwyższym stężeniu występował w Malinowskim Potoku ($\bar{x}=1,61$ mg/L), a w naj-

Tabela 2.

Średnia (\bar{x}), 1. i 9. decyl ($D_{10\%}$, $D_{90\%}$) oraz współczynnik zmienności (C_v [%]) stężenia [mg/L] wybranych związków chemicznych w wodzie w analizowanych zlewniach
Mean (\bar{x}), 1st and 9th decile ($D_{10\%}$, $D_{90\%}$) and coefficient of variance (C_v [%]) of compound concentration [mg/L] in water in analysed catchments

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	F ⁻
Zlewnia zalesiona Forested catchment										
\bar{x}	3,33	0,41	1,02	0,34	0,14	2,13	7,08	5,52	0,85	0,01
$D_{10\%}$	1,87	0,27	0,93	0,17	0,01	0,51	5,98	4,71	0,64	0,01
$D_{90\%}$	5,15	0,58	1,12	0,64	0,49	5,41	8,38	6,26	1,22	0,02
C_v	42,9	28,6	8,7	58,6	179,0	124,0	11,6	12,7	30,0	68,6
Zlewnia wylesiona Deforested catchment										
\bar{x}	2,86	0,48	1,15	0,52	0,13	1,26	8,96	4,52	0,62	0,01
$D_{10\%}$	1,42	0,32	1,01	0,46	0,01	0,35	8,02	3,70	0,48	0,00
$D_{90\%}$	4,06	0,73	1,26	0,58	0,37	3,34	9,78	5,00	0,82	0,02
C_v	43,6	33,2	12,1	10,6	119,8	172,6	8,4	10,5	23,6	157,2
Malinowski Potok Malinowski Stream										
\bar{x}	5,08	0,85	1,61	0,64	0,07	8,08	9,42	4,68	0,81	0,02
$D_{10\%}$	2,68	0,59	1,44	0,58	0,00	0,89	8,11	4,09	0,65	0,02
$D_{90\%}$	9,23	1,24	1,91	0,72	0,34	18,85	10,78	5,41	1,03	0,03
C_v	48,7	28,7	10,3	12,4	197,6	90,6	10,7	14,2	20,9	52,4

niższym – w zlewni zalesionej ($\bar{x}=1,02$ mg/L). W nieco niższym stężeniu ($\bar{x}<1$ mg/L) we wszystkich potokach występuje magnez i potas. Pozostałe jony (Li^+ , NO_2^- , PO_4^{3-} i Br^-) zwykle nie uzyskiwały stężenia przekraczającego limit detekcji.



Ryc. 3.

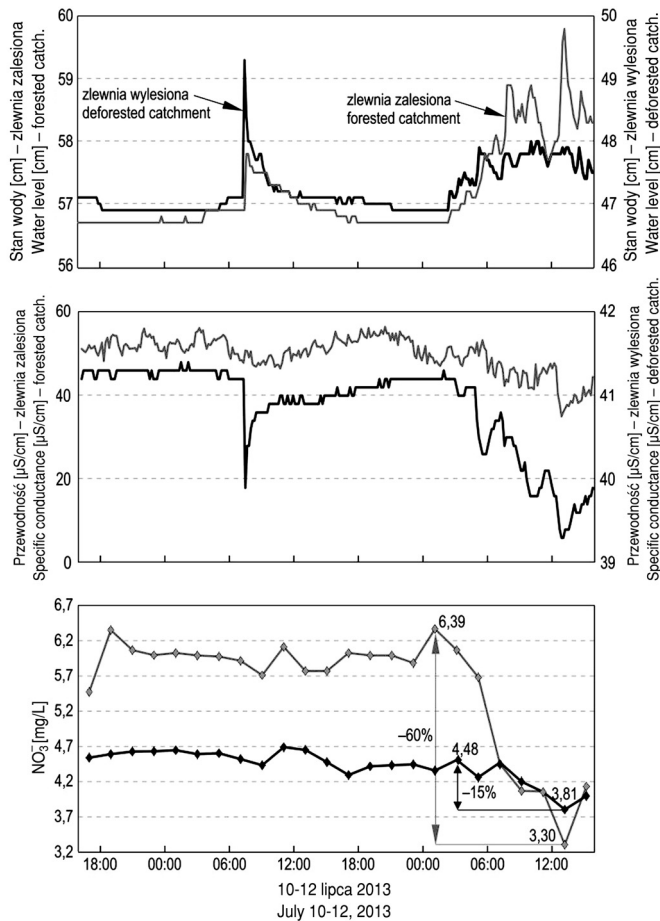
Stosunek azotanów do siarczanów wyrażony w mg/L (a) oraz w % mval/L (b)
Nitrate/sulphate ratio expressed in mg/L (a) and % mval/L (b)

Tabela 3.

Średnia (\bar{x}), 1. i 9. decyl ($D_{10\%}$, $D_{90\%}$) oraz współczynnik zmienności (C_v [%]) zawartości [% mval/L] wybranych związków chemicznych w wodzie w analizowanych zlewniach
Mean (\bar{x}), 1st and 9th decile ($D_{10\%}$, $D_{90\%}$) and coefficient of variance (C_v [%]) of compound content [% mval/L] in water in analysed catchments

	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	NH_4^+	HCO_3^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	F^-
Zlewnia zalesiona Forested catchment										
m	30,82	6,71	9,10	1,79	1,45	5,04	25,31	15,36	4,07	0,14
$D_{10\%}$	24,96	3,93	6,29	0,68	0,08	1,59	21,93	11,93	3,13	0,07
$D_{90\%}$	37,73	8,90	12,48	3,42	4,08	11,34	27,93	17,97	5,34	0,21
C_v	16,4	26,3	25,9	63,7	173,4	94,8	11,4	16,3	27,3	71,8
Zlewnia wylesiona Deforested catchment										
m	26,89	7,92	10,30	2,77	1,43	2,98	31,61	12,35	2,94	0,10
$D_{10\%}$	20,06	5,25	7,85	2,00	0,12	1,08	27,95	11,03	2,36	0,00
$D_{90\%}$	33,10	10,88	13,86	3,76	3,84	8,27	34,21	13,41	3,64	0,19
C_v	19,5	29,4	23,4	25,2	110,9	129,2	8,6	10,2	19,3	156,3
Malinowski Potok Malinowski Stream										
m	29,31	8,73	9,32	2,17	0,42	13,01	24,47	9,48	2,81	0,17
$D_{10\%}$	24,79	7,28	5,20	1,32	0,02	2,48	17,11	6,34	1,93	0,09
$D_{90\%}$	35,56	10,14	12,43	3,02	1,71	24,03	30,69	12,87	3,52	0,23
C_v	14,0	15,0	29,2	29,9	170,2	63,8	22,5	27,0	24,8	63,7

Analiza struktury składu chemicznego wód wskazuje na dominację wśród anionów siarczanów (tab. 3). Ich największy udział występuje w wodach ciekę odwadniających zlewnię wylesioną (\bar{x} =31,6% mval/L), natomiast najmniejszy – w Malinowskim Potoku (\bar{x} =24,5% mval/L). Podobne wyniki wskazujące na dominację siarczanów nad wodorowęglanami w strukturze składu chemicznego wód uzyskali Michalik [2008] oraz Michalik i Migaszewski [2012] w wodach źródeł Gór Świętokrzyskich. Warto zwrócić uwagę na ważną rolę, jaką w kształtowaniu struktury składu chemicznego wód potoków, a w szczególności wód potoku odwadniającego zlewnię zalesioną, odgrywają azotany (tab. 3). Wśród kationów dominuje wapń, którego udział jest najwyższy w zlewni zalesionej (średnio 30,82% mval/L). W dalszej kolejności są sód i magnez. Potas i jon amonowy odgrywają marginalną rolę (<3% mval/L). Struktura składu chemicznego wód Potoku Malinowskiego wyrażona średnim udziałem poszczególnych jonów jest następująca: aniony $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-NO}_3\text{-Cl-F}$, kationy Ca-Na-Mg-K-NH_4 , a wód potoków odwadniających małe przygrzbietowe zlewnie – aniony $\text{SO}_4\text{-NO}_3\text{-HCO}_3\text{-Cl-F}$, kationy Ca-Na-Mg-K-NH_4 .



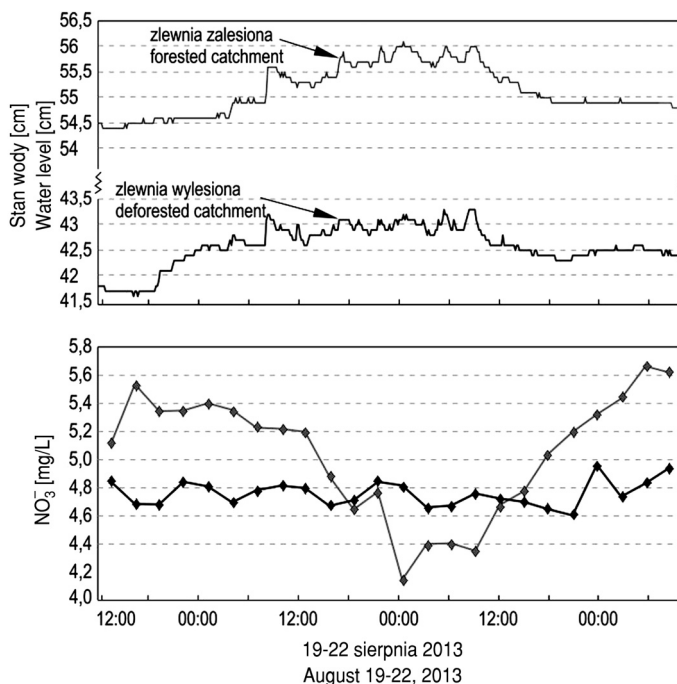
Ryc. 4.

Zmiany przewodności i stężenia NO_3^- w potokach odwadniających zlewnię zalesioną i wylesioną w czasie wezbrania w lipcu 2013 roku

Changes in the specific conductance and NO_3^- concentration in the streams draining forested and deforested catchments during flood event in July 2013

Według klasyfikacji Szczukariewa-Prickłonskiego wody odwadniające zlewnie należą do różnych typów hydrochemicznych: w zlewni zalesionej i wylesionej dominuje typ $\text{SO}_4\text{-(NO}_3\text{)-Ca}$, a w zlewni Malinowskiego Potoku $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Ca}$. Należy podkreślić, że udział azotanów w przygrzbietowych zlewniach jest na tyle znaczący, że występują one w członie typu hydrochemicznego. Jest to niezwykle rzadkie zjawisko w wodach naturalnych. Także udział siarczanów jest bardzo wysoki, skoro piaskowce godulskie stanowiące podłoże geologiczne zlewni nie mogą być źródłem tych jonów. Jony siarczanowe i azotanowe zdeponowane w pokrywach zwietrzelinowo-glebo- wych w wyniku dostawy atmosferycznej w drugiej połowie XX wieku są obecnie wypłukiwane. Analiza częstości występowania wodorowęglanów w typie hydrochemicznym wskazuje, że w wodach Malinowskiego Potoku wodorowęglany pojawiały się w 55,3% wód, w zlewni zalesionej – w 14,2%, zaś w zlewni wylesionej – tylko w 4,5% wód. Stwierdzono istotność różnic analizowanych cech fizykochemicznych wód trzech potoków.

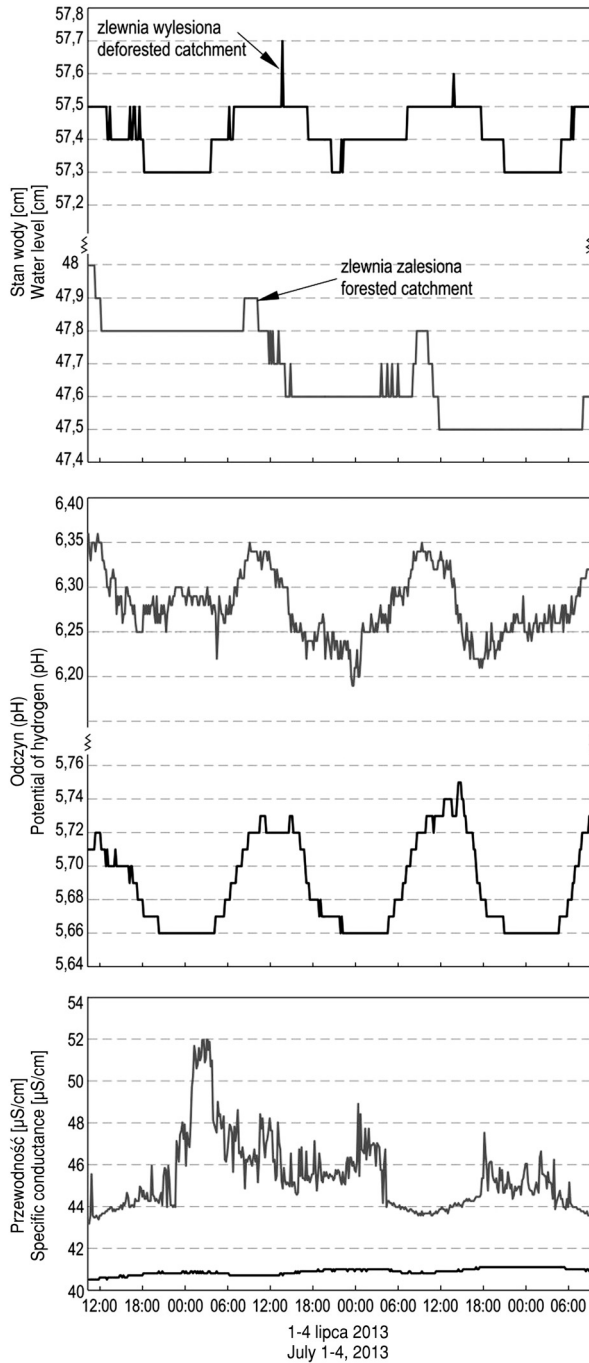
Skład chemiczny wód potoków podlegał zmianom, o czym świadczy wysoki współczynnik zmienności C_v w przypadku niektórych jonów, np. jonu amonowego. Najbardziej dynamiczne zmiany składu chemicznego wód występowały w czasie wezbrań. Wraz ze wzrostem stanów wody w potokach obserwowano spadek przewodności. Związane było to ze zjawiskiem rozcieńczenia wód przedwezbraniowych (przede wszystkim wód podziemnych) słabo zmineralizowanymi wodami wezbraniowymi (przede wszystkim wodami spływu śródpokrywowego i powierzchniowego) (ryc. 4, 5). Zjawisko występowania procesu rozcieńczenia jest często opisywane [Edwards 1973; Walling, Foster 1975; Caissie i in. 1996; Siwek i in. 2011; Siwek 2012]. Warto zwrócić jednak



Ryc. 5.

Zmiany stanów wody oraz stężenia NO_3^- w potokach odwadniających zlewnię zalesioną i wylesioną w czasie wezbrania w sierpniu 2013 roku

Changes in the stream water levels and NO_3^- concentration in the streams draining forested and deforested catchments during flood event in August 2013



Ryc. 6.

Dobowe zmiany stanów wody, odczynu i przewodności w potokach odwadniających zlewnię zalesioną i wylesioną w okresie międzywzbraniowym w lipcu 2013 roku

Diurnal changes in the stream water levels, pH, and specific conductance in the streams draining forested and deforested catchments in-between floods in July 2013

uwagę na fakt, że w zlewni zalesionej spadek przewodności w czasie wzrostu stanu wody w korycie nie był tak wyraźny jak w zlewni wylesionej (ryc. 4). Związane jest to prawdopodobnie z mniejszym udziałem w odpływie rzeczny w zlewni zalesionej słabo zmineralizowanych wód bardzo krótkiego krążenia – wód spływu powierzchniowego. Zaskakująca jest natomiast reakcja stężenia azotanów na wzrost stanów wody w czasie wezbrań w potokach. W zlewni zalesionej wraz ze wzrostem stanów wody stężenia azotanów gwałtownie spadają, natomiast w zlewni wylesionej stężenia albo nieznacznie spadają, albo utrzymują się na tym samym poziomie (ryc. 4, 5). Przykładowo w czasie wezbrania 12 lipca 2013 roku spadek stężenia azotanów w potokach odwadniających zlewnię zalesioną wyniósł aż 60% wartości stężenia z okresu przedwezbraniowego, a w potoku odwadniającym zlewnię wylesioną – tylko 15% (ryc. 4).

W okresach bezopadowych skład chemiczny wód badanych potoków również podlegał zmianom, jednak były one zdecydowanie mniejsze niż zmiany w czasie wezbrań. W czasie wezbrania 12 lipca 2013 roku wartości stężenia azotanów zmieniły się o 3 mg/L (ryc. 4), a w czasie kilku dni bezopadowych od 1 do 4 lipca – o niecałe 0,5 mg/L (ryc. 6). Zmiany parametrów monitorowanych w sposób ciągły – odczynu i przewodności – nawiązywały do zmian stanów wody w ciągu doby (ryc. 6). Na uwagę zasługują bardzo wyraźne zmiany przewodności w potoku odwadniającym zlewnię zalesioną i niewielkie zmiany w potoku odwadniającym zlewnię wylesioną. Raczak i Żelazny [2005] wiązali zmiany składu chemicznego wód rzecznych w okresie międzywezbraniowym ze zmiennym w ciągu doby zasilaniem potoków, które uzależnione było od zmiennej w czasie doby natężenia ewapotranspiracji.

Podsumowanie

Skład chemiczny wód potoków odwadniających małe zlewnie położone w Beskidzie Śląskim odzwierciedla silną antropopresję, jakiej poddany był ten obszar przez wiele lat. Silna i nadmierna depozycja atmosferyczna siarki i azotu w latach 50. i 60. XX wieku, która doprowadziła do zamierania drzewostanów, uwidacznia się obecnie w niespotykanej w innych regionach Karpat dominacji siarczanów i azotanów w strukturze składu chemicznego wód rzecznych.

Przeprowadzone badania wskazują, że wylesienia wyraźnie wpływają na zmiany składu chemicznego wód w krótkich okresach, zarówno w czasie wezbrań, jak i między nimi. W zlewni wylesionej spadek przewodności wraz ze wzrostem stanu wody w potoku w czasie wezbrań jest wyraźniejszy niż w zlewni zalesionej. Warto zwrócić uwagę na odmienną reakcję azotanów na wzrost stanów wody: w zlewni wylesionej stężenie azotanów spada nieznacznie lub utrzymuje się na podobnym poziomie, podczas gdy w zlewni zalesionej zmniejsza się gwałtownie. W okresach bezopadowych zmiany składu chemicznego wód są mniejsze niż w czasie wezbrań. Warto jednak zauważyć, że np. zmiany przewodności wód w potoku odwadniającym zlewnię zalesioną są zdecydowanie większe niż w potoku odwadniającym zlewnię wylesioną. Przeprowadzone badania wykazały wpływ wylesień na zmiany wartości cech fizykochemicznych i składu chemicznego wód potoków.

Literatura

- Alexandrowicz S. W. 1999. Budowa geologiczna. W: Starkel L. [red.], Geografia Polski: środowisko przyrodnicze. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. 221-243.
- Astel A., Małek S., Krakowian K. 2009. Multivariate exploration and classification applied to the chemical composition of spring waters in sanctuary forest areas. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 89 (8): 597-620.
- Astel A., Małek S., Makowska S. 2008. Effect of Environmental Conditions of Chemical Profile of Stream Water in Sanctuary Forest Area. *Water Air and Soil Pollution* 195: 137-149.

- Bombówna M.** 1969. Hydrochemiczna charakterystyka rzeki Raby i jej dopływów. *Acta Hydrobiologica* 11 (4): 479-504.
- Caissie D., Pollock T. L., Cunjak R. A.** 1996. Variation in stream water chemistry and hydrograph separation in a small drainage basin. *Journal of Hydrology* 178 (1-4): 137-157.
- Czop M., Motyka J., Rajchel L.** 2008. Zagrożenia środowiska wód mineralnych rejonu Piwnicznej przez turystykę narciarską. W: Kotarba M. J. [red.]. *Przemiany środowiska naturalnego a rozwój zrównoważony*. Wydawnictwo TBPS „Geosfera”, Kraków. 175-188.
- Drużkowski M., Szczepanowicz B.** 1988. Migracja pierwiastków w wodach powierzchniowych i opadach atmosferycznych na obszarze małej zlewni Pogórza Karpackiego. *Folia Geographica, seria Geographica-Physica* 20: 101-120.
- Durło G.** 2010. The influence of pluvial conditions on spruce forest stands stability in Beskid Śląski Mts. *Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie* 5: 208-217.
- Edwards A. M. C.** 1973. The variation of dissolved constituents with discharge in some Norfolk rivers. *Journal of Hydrology* 18 (3-4): 219-242.
- Jasik M., Małek S.** 2013. Quality assessment of spring water from the area of the Łysogóry Mts. in Świętokrzyski National Park in 2010. *Folia Forestalia Polonica* A 55 (1): 27-32.
- Macioszczyk A.** 1987. *Hydrogeochemia*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Małek S.** 2010. Nutrient fluxes in planted Norway spruce stands of different age in Southern Poland. *Water Air and Soil Pollution* 209: 45-59.
- Małek S., Astel A., Krakowian K., Opałacz J.** 2010. Ocena jakości wód źródłanych w rejonie Skrzycznego i Baraniej Góry. *Sylvan* 154 (7): 499-505.
- Małek S., Barszcz J., Majsterkiewicz K.** 2012. Changes in the threat of spruce stand disintegration in the Beskid Śląski and Żywiecki Mts. in the years 2007-2010. *Journal of Forest Science* 58 (12): 519-529.
- Małek S., Barszcz J., Majsterkiewicz K.** 2014. Sylvicultural procedures in catchment areas of the mountain streams as exemplified by the Skrzyczne massif in Poland. *Folia Forestalia Polonica* A 56 (1): 9-22.
- Małek S., Gawęda T.** 2006a. Charakterystyka chemiczna wód powierzchniowych zlewni Potok Dupniański w Beskidzie Śląskim. *Sylvan* 150 (2): 29-36.
- Małek S., Gawęda T.** 2006b. Charakterystyka chemiczna źródeł Potoku Dupniańskiego w Beskidzie Śląskim. *Sylvan* 150 (3): 39-46.
- Małek S., Krakowian K.** 2009a. The effect of environmental conditions on surface water quality in the Zimnik and Czyrna catchments of the Beskid Śląski. *Journal of Water and Land Development* 13a: 205-223.
- Małek S., Krakowian K.** 2009b. Analiza przydatności do picia wód źródeł Zimnika i Czyrnej w Beskidzie Śląskim. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 38: 239-247.
- Małek S., Krakowian K.** 2012. The effect of deforestation on spring water chemistry on Skrzyczne (Silesian Beskid Mountains, Poland). *Journal of Forest Science* 58 (7): 308-313.
- Małek S., Martinson L., Sverdrup H.** 2005. Modeling future soil chemistry at a highly polluted forest site at Istebna in Southern Poland using the 'SAFE' model. *Environmental Pollution* 137 (3): 568-573.
- Małek S., Niemtur S., Staszewski T.** 2006. Seasonal changeability of water features from watersheds with artificial Norway spruce stands in the Silesian Beskid. *Ekologia (Bratislava)* 25 (3): 289-297.
- Maultz S.** 1972. Chemizm wód dopływów Górnej Wisły. *Folia Geographica, Series Geographica-Physica* 6: 5-101.
- Michalik A.** 2008. The use of chemical and cluster analysis for studying the spring water. Quality in the Świętokrzyski National Park, South-Central Poland. *Polish Journal of Environmental Studies* 17 (3): 357-362.
- Michalik A., Migaszewski Z. M.** 2012. Stable sulfur and oxygen isotope ratios of the Świętokrzyski National Park spring waters generated by natural and anthropogenic factors (south-central Poland). *Applied Geochemistry* 27 (6): 1123-1132.
- Niemtur S., Małek S., Pierzgałski E., Staszewski T., Wójcik J.** 2005. Nutrient cycling in artificial mountain spruce stands as a background for conversion and sites degradation in the Silesian Beskid. W: Pierzgałski E., Niemtur S., Czerepko J. [red.]. *Protection of soil and water resources in forestry areas*. IBL (FRI) 93-102.
- Raczak J., Żelazny M.** 2005. Diurnal fluctuations in stream-water chemical composition in small catchments i the Carpathian Foothills (Southern Poland). W: Maraga F., Arattano M. [red.]. *Progress in surface and subsurface water studies at plot and small basin scale: 10th Conference of the Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins (ERB), Turin, Italy, 13-17 October 2004: proceedings, IHP-VI. UNESCO, Paris. Technical Document in Hydrology* 77: 101-108.
- Rocznik statystyczny województwa katowickiego. 1979-1998.** Wojewódzki Urząd Statystyczny, Katowice.
- Rocznik statystyczny województwa śląskiego. 2000-2014.** Urząd Statystyczny, Katowice.
- Siwek J. P.** 2012. Zmienność składu chemicznego wód w małych zlewniach na progu Pogórza Karpackiego. *Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków*.
- Siwek J. P., Żelazny M., Chełmicki W.** 2011. Influence of catchment characteristics and flood type on relationship between streamwater chemistry and streamflow: case study from Carpathian Foothills in Poland. *Water Air and Soil Pollution* 214: 547-563.

- Szczegółowa mapa geologiczna Polski (bez utworów czwartorzędowych) w skali 1:50000. Region Karpat i Przedgórze. Arkusz M34-86 B: Wisła. 1966b. Instytut Geologiczny Oddział Karpacki, Wydawnictwa Geologiczne.
- Szczegółowa mapa geologiczna Polski (bez utworów czwartorzędowych) w skali 1:50000. Region Karpat i Przedgórze. Arkusz M34-87 A. Milówka. 1966a. Instytut Geologiczny Oddział Karpacki, Wydawnictwa Geologiczne.
- Walling D. E., Foster I. D. L. 1975. Variations in the natural chemical concentration of river water during flood flows, and the lag effect: some further comments. *Journal of Hydrology* 26 (3-4): 237-244.
- Welc A. 1985. Zmienność denudacji chemicznej w Karpatach fliszowych (na przykładzie zlewni potoku Bystrzanka). *Dokumentacja Geograficzna* 5.
- Węglarczyk S. 2010. Statystyka w inżynierii środowiska: podręcznik dla studentów szkół wyższych. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
- Żelazny M. 1995. Chemizm wód powierzchniowych i podziemnych w zlewni Starej Rzeki (Pogórze Wielickie). W: Kaszowski L. [red.]. *Struktura i funkcjonowanie środowiska przyrodniczego Progu Karpat: wyniki badań Stacji Naukowej Instytutu Geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Łazach. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne* 100: 73-83.
- Żelazny M. 2012. Czasowo-przestrzenna zmienność cech fizykochemicznych wód Tatrzńskiego Parku Narodowego. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.
- Żelazny M. [red.]. 2005. *Dynamika związków biogennych w wodach opadowych, powierzchniowych i podziemnych w zlewniach o różnym użytkowaniu na Pogórze Wiśnickim*. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków.