

ZDJĘCIE HYDROCHEMICZNE GÓRNEJ CZĘŚCI ZLEWNI BOBRZYCZKI W GÓRACH ŚWIĘTOKRZYSKICH

Andrzej Mochoń

Mochoń A., 1993: *Zdjęcie hydrochemiczne górnej części zlewni Bobrzyczki w Górach Świętokrzyskich (Hydrochemical survey of the upper part of the Bobrzyczka catchment area in the Świętokrzyskie Mts.)*. Monitoring Środowiska Regionu Świętokrzyskiego, nr 1, s. 91—99. Kieleckie Towarzystwo Naukowe. Kielce.

Zarys treści: W pracy przedstawiono wstępne wyniki zdjęcia hydrochemicznego zlewni Bobrzyczki wykonanego w latach 1987 i 1992. W badaniach uwzględniono wszystkie rodzaje wód powierzchniowych oraz wody gruntowe zlewni. Analizy dokonano na podstawie oznaczeń mineralizacji i odczynu wody, zawartości wszystkich makroskładników wody, niektórych mikroskładników (PO_4 i Fe), a także utlenialności wody. Zaprezentowano rozkłady poszczególnych elementów fizykochemicznych oraz ich podstawowe statystyki. Dokonano oceny wpływu czynników antropogenicznych na chemizm wód.

Andrzej Mochoń, Instytut Geografii, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, ul. M. Konopnickiej 21, 25-406 Kielce.

1. WSTĘP

Zlewnia Bobrzyczki, położona w pobliżu cementowni „Nowiny”, jest jednym z najbardziej narażonych na wpływ antropopresji obszarów w Górach Świętokrzyskich. Znajduje się ona także w obrębie wpływu regionalnego leja depresyjnego, rozwiniętego w synklinie gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej wskutek intensywnego odwadniania kopalń surowców skalnych w tym rejonie. W związku z tym jest ona idealnym poligonem doświadczalnym do prześledzenia wpływu, jaki wywiera alkalizacja środowiska na poszczególne elementy środowiska, w tym wody powierzchniowe i podziemne. Celem niniejszych, prowadzonych równoległe z innymi pracami (m.in. gleboznawczymi, kartograficznymi, hydrometeorologicznymi) badań, było kompleksowe rozpoznanie zlewni Bobrzyczki pod kątem hydrochemicznym do stworzenia podstawy dla planowanej ciągłej obserwacji stanu środowiska, w tym i jakości, i ilości wody w zlewni.

Zdjęcie hydrochemiczne górnej części zlewni Bobrzyczki (część zlewni położona na zachód od szosy Kielce-Kraków) zostało wykonane dwukrotnie, za każdym razem w miesiącu czerwcu, w latach 1987 i 1992, w ramach prac przygotowawczych do prowadzenia monitoringu powierzchni ziemi w tym rejonie Gór Świętokrzyskich. Zdjęcie hydrochemiczne wraz z wykonanym równocześnie zdjęciem hydrograficznym miało służyć szczegółowemu rozpoznaniu stosunków wodnych na tym obszarze, w stopniu umożliwiającym wytypowanie miejsc do systematycznego opróbowywania wód powierzchniowych i podziemnych. W badaniach wykroczone poza zlewnię Bobrzyczki, obejmując

zdjęciem także północne zbocza Pasma Zgórskiego oraz południowe zbocza Pasma Bolechowickiego. Pozwoliło to na uzyskanie większego materiału faktograficznego, a tym samym na wyciąganie statystycznie bardziej uzasadnionych wniosków.

Dotychczasowe badania hydrochemiczne w tej części Gór Świętokrzyskich były relatywnie (w stosunku do innych części Gór Świętokrzyskich) dość liczne, choć autorzy zwykle skupiali swoją uwagę na jednym rodzaju wód powierzchniowych bądź podziemnych. Badania te przeprowadzili m.in.: dla wód krasowych Rzepa [1982, 1992] i Głazek [1974]; dla wód powierzchniowych Burchard [1975, 1976, 1980], Burchard i Dubaniewicz [1976], Penczak [1971], Wdowin i Dwornik [1978]; dla wód gruntowych Mityk i Rzepa [1982].

2. METODYKA BADAŃ

Prace terenowe (kartowanie hydrograficzne, pomiar temperatury wody, pobór prób do analiz wskaźnikowych i podstawowych) przeprowadzono przy pomocy studentów, odbywających praktykę z hydrografii pod opieką dr. T. Biernata i dr. T. Ciupy z Instytutu Geografii WSP w Kielcach. Prace laboratoryjne wykonał w 1987 r. autor. W roku 1992 natomiast całość analiz wykonały mgr inż. J. Cira-Szymkiewicz i mgr inż. I. Wolińska w laboratorium Zakładu Geografii Gleb i Ochrony Przyrody Instytutu Geografii WSP w Kielcach.

Ogółem wykonano następujące ilości analiz chemicznych:

— w roku 1987 — 181 analiz wskaźnikowych (temperatura, przewodnictwo elektryczne, odczyn) oraz 53 analizy składu podstawowego (przewodnictwo, odczyn, HCO_3 , SO_4 , Cl, Ca, Mg, Na, K, Fe, SiO_2),

— w roku 1992 — 56 analiz podstawowych (przewodnictwo, odczyn, HCO_3 , SO_4 , Cl, PO_4 , Ca, Mg, Na, K, Fe, utlenialność).

W obu seriach prób zastosowano przy tym nieco inną metodykę oznaczeń poszczególnych elementów. W próbach z 1987 r. wykonano oznaczenia: przewodnictwa elektrycznego — metodą konduktometryczną, odczynu — metodą potencjometryczną, HCO_3 — metodą wagową, Cl — metodą miareczkową z zastosowaniem azotanu srebra, Ca i Mg — metodą miareczkowania kompleksometrycznego wersenianem disodowym, Na i K — metodą fotometrii płomieniowej, Fe, SiO_2 — metodą kolorymetryczną. W próbach pobranych w 1992 r. oznaczono: przewodnictwo — metodą konduktometryczną, odczyn — metodą potencjometryczną, Ca, Na, K — metodą fotometrii płomieniowej, Mg — metodą kolorymetryczną z zastosowaniem żółci tytanowej, Fe — metodą kolorymetryczną z zastosowaniem 2,2 dipirydyli, HCO_3 — metodą miareczkową, SO_4 — metodą wersenianową, Cl — metodą miareczkową z zastosowaniem azotanu srebra, PO_4 — metodą kolorymetryczną w postaci błękitu fosforanowo-molibdenowego, utlenialność — metodą nadmanganianową.

3. ZLEWNIA BOBRZYCKI JAKO OBIEKT BADAŃ HYDROLOGICZNYCH I HYDROCHEMICZNYCH

Bobrzycka jest ciekim III rzędu; jest jednym z prawobrzeżnych dopływów, wpadającej do Czarnej Nidy Bobrzy. W obrębie górnej części zlewni Bobrzycka posiada dwa okresowe (epizodyczne?) dopływy. Pozostałe cztery cieki stanowią bądź mniejsze dopływy (V rzędu), bądź też woda ich nie dopływa do Bobrzyckiej, ale infiltruje w swoje aluwia na odcinkach o niewielkim spadku. Zlewnia znajduje się bowiem na obszarze bardzo silnie zmienionych przez działalność człowieka stosunków wodnych. W związku z eksploatacją wód podziemnych z węglanowych utworów dewonu środkowego, oraz przede wszystkim w związku z odwadnianiem odkrywkowych kopalń surowców skalnych (tzw. Białe Zagłębie), doszło do utworzenia w synklinie gałęziko-bolechowskiej regionalnego leja depresyjnego. Dlatego doliny rzeczne w południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich przestały pełnić rolę podstawy drenażu, a same rzeki albo zanikły, jak to ma miejsce w przypadku niewielkich cieków, albo też zmieniły swój charakter z drenującego na infiltrujący [Szczepański 1982, 1985, Prażak 1992, Herman i in. 1991]. Zmiany te mają charakter postępujący, zauważalny w ciągu 5 letniego okresu pomiędzy 1987 a 1992 r. Wyrażają się one między innymi obniżeniem zwierciadła wód gruntowych (często nawet zanikiem wody w studniach), osuszeniem, bądź zmniejszeniem powierzchni mokradeł i bagien, wydłużeniem suchych odcinków koryt cieków powierzchniowych.

W sumie w górnej części zlewni Bobrzyckiej stwierdzono występowanie 7 obszarów źródłiskowych, które oprócz rozległego terenu źródłiskowego Bobrzyckiej, znajdują się na

stokach Pasma Zgórskiego. Ponadto występuje 9 terenów zabagnionych i mokradeł, a także 3 sadzawki.

Jeżeli chodzi o wody podziemne, to przed rozpoczęciem eksploatacji wapieni w Białym Zagłębiu i w początkowym jej okresie, można było wyróżnić w obszarze badań dwa poziomy wodonośne [Żak, Rogaliński 1973] — dewoński i czwartorzędowy. Dziś poziom czwartorzędowy praktycznie nie istnieje, zaś zwierciadło wód poziomu dewońskiego uległo znacznemu obniżeniu [Herman i in. 1991, Prażak 1992, Szczepański 1982, 1985]. System krążenia wody w zlewni uległ zatem znacznym zmianom. Nie znaczy to jednak, że utwory czwartorzędowe są całkowicie bezwodne; istnieją przecież drobne miejsca niewielkich wypływów z tych utworów. Można przypuszczać, że chodzi tu o niewielkie obszary występowania wód zawieszonych, tzn. wód infiltrujących w strefie aeracji, które zatrzymały się w swoim ruchu w dół na warstwach czy soczewkach o niskiej przepuszczalności.

Podsumowując: zlewnia Bobrzyckiej jest bardzo ciekawym, ale trudnym obiektem badań hydrologicznych i hydrochemicznych. W niniejszych badaniach starano się, w celu uzyskania pełnego obrazu, pobrać próby ze wszystkich możliwych rodzajów punktów; cieków powierzchniowych, źródeł, młak, bagien i mokradeł oraz studni gospodarskich.

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Typ chemiczny wód

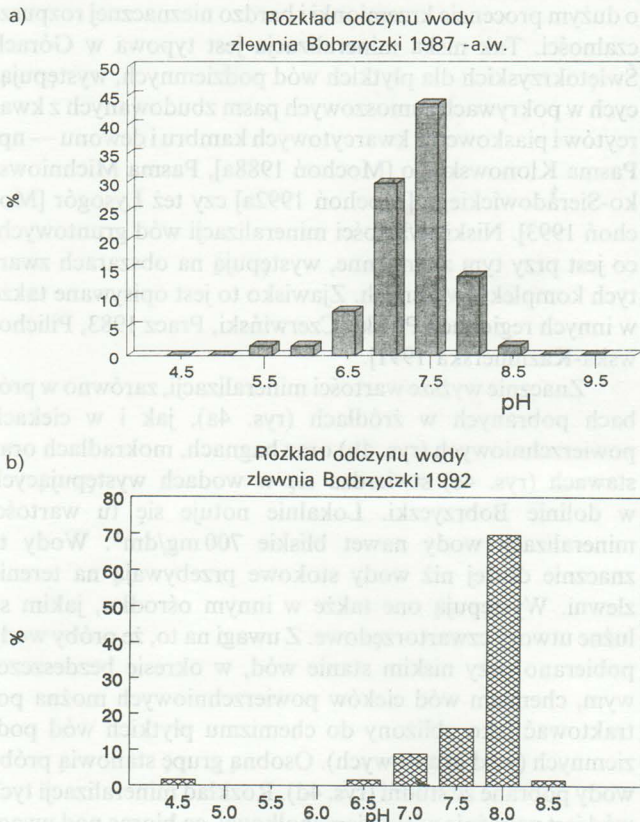
W obszarze badań stwierdzono istnienie 12 typów chemicznych wód w klasyfikacji Szczukariewa-Priklonńskiego (tab. 1). Typ dwujonowy HCO_3 -Ca i niektóre typy trzyjonowe (HCO_3 -Ca-Mg i HCO_3 -Mg-Ca) są typowe dla niskozmineralizowanych wód występujących w strefie aktywnej wymiany wód epigeosfery. Pozostałe typy; trzyjonowe oraz 4, 5 i 6 jonowe świadczą o zmienionym przez działalność człowieka chemizmie wód. W przypadku prezentowanych badań w zlewni Bobrzyckiej dotyczy to około połowy próbek (tab. 1). Wodami zanieczyszczonymi są przede wszystkim wody studni kopanych oraz większość wód powierzchniowych (cieki, młaki i bagna, stawy), a także wody niektórych źródeł. W przypadku źródeł łatwość ich zanieczyszczenia wynika z bardzo niewielkiej, bliskiej zera, wydajności. Chemizm wód takich źródeł nie reprezentuje chemizmu warstwy wodonośnej (wód zawieszonych lub wód stokowych).

Tab. 1. Częstotliwość występowania klas hydrogeochemicznych w górnej części zlewni Bobrzyckiej

Lp.	Klasa hydrochemiczna	n	%
1	HCO_3 -Ca-Mg	17	33,3
2	HCO_3 -Ca	12	23,5
3	HCO_3 -Mg-Ca	1	2,0
4	HCO_3 -Ca-Na	2	3,9
5	HCO_3 - SO_4 -Ca	1	2,0
6	HCO_3 -Ca-Mg-Na	2	3,9
7	HCO_3 -Cl-Ca-Na	4	7,8
8	HCO_3 -Cl-Na-Ca-Mg	2	3,9
9	HCO_3 -Cl-Mg-Ca	1	2,0
10	HCO_3 -Cl-Ca-Mg-Na	1	2,0
11	HCO_3 -Cl- SO_4 -Ca-Na-Mg	1	2,0
12	Cl- HCO_3 -Na-Ca	1	2,0

4.2. Odczyn wody

Odczyn jest jednym z bardziej istotnych elementów fizykochemicznych wód. W próbach z 1987 r. dominował (rys. 1) odczyn w przedziale 6,5–8, a więc były to wody o odczynie słabo kwaśnym, obojętnym i słabo zasadowym. W roku 1992 w rozkładzie pH dominanta przesuwa się wyraźnie w kierunku zasadowym. Przyczyną tego jest wspomniany fakt, iż w zlewni w 1992 r. było mniej wody niż w 1987 r.; wyschły m.in. niektóre źródła o kwaśnym odczynie w Paśmie Zgórkim oraz część mokradeł. Ponadto, ponieważ wody było mniej, o jej chemizmie w większym stopniu decydował czynnik antropogeniczny — wpływ rozpuszczania pyłów z cementowni.

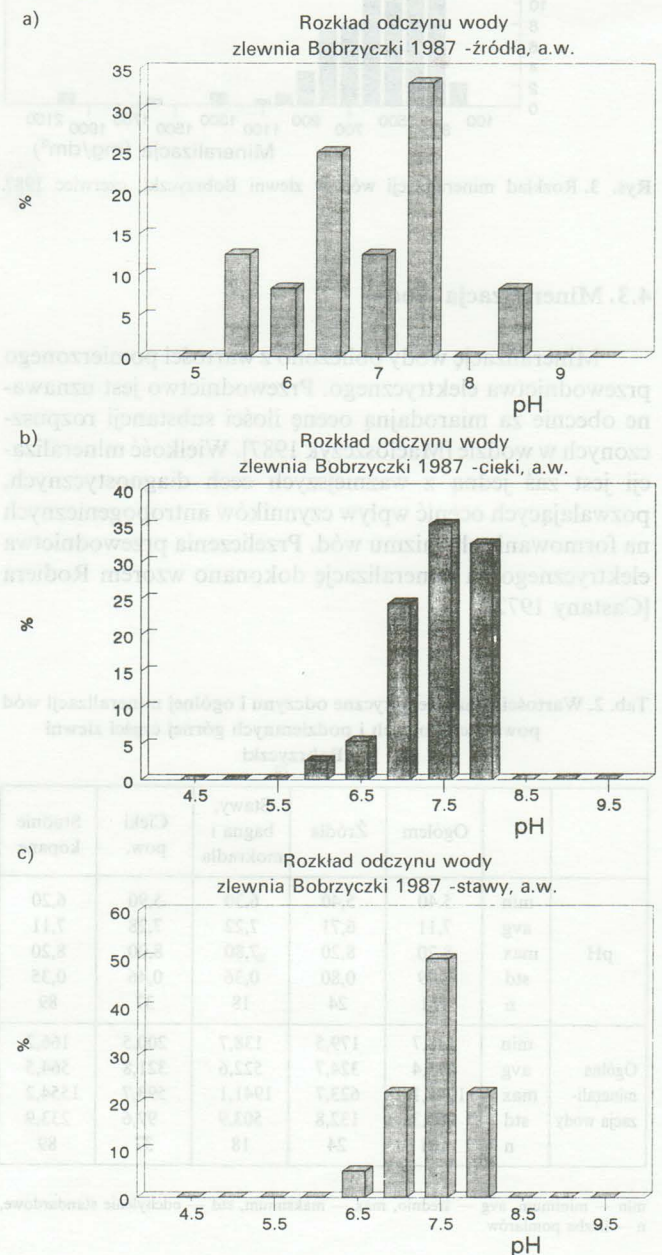


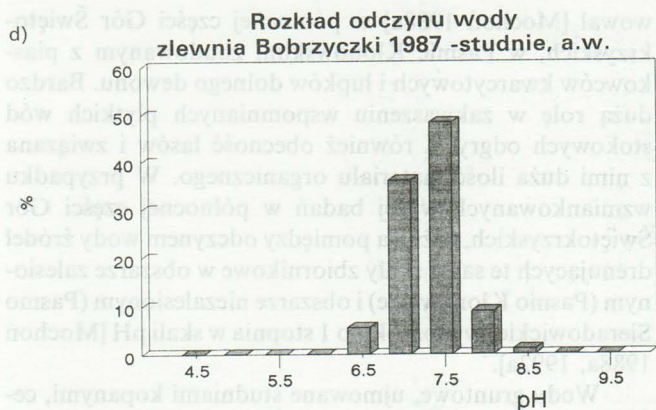
Rys. 1. Rozkład odczynu wód zlewni Bobrzyckiej. a) czerwiec 1987, b) czerwiec 1992

Warto przy tym zwrócić uwagę na występowanie wód o pH w granicach 5–6, czyli wód na granicy odczynów słabo kwaśnych i kwaśnych wg podziału Pazdro [1983]. Są to wody źródeł (rys. 2a) o niewielkiej wydajności, występujących w Paśmie Zgórkim. Można stwierdzić z dużym prawdopodobieństwem, iż wyjątkowo niskie wartości pH są spowodowane nie obecnością kwasu węglowego, ale występowaniem kwasów humusowych. Jest to związane z bardzo płytkim krążeniem wód podziemnych, drenowanych przez te źródła. Pasma Zgórkie jest zbudowane bowiem głównie z nieprzepuszczalnych [Żak, Rogaliński 1973] utworów kambryjskich (drobnoziarniste piaskowce, mułowce kwarcowe). Wody opadowe i roztopowe nie mogą zatem infiltrować głębiej i spływają podpowierzchniowo w warstwie gleby i zwietrzliny o niewielkiej miąższości. Powoduje to rozkład substancji organicznych, wytworzenie kwasów humusowych oraz, w efekcie, zakwaszenie nisko zmineralizowanych wód. Podobne zjawisko autor obser-

wował [Mochoń 1988a] w północnej części Gór Świętokrzyskich, w Paśmie Klonowskim, zbudowanym z piaskowców kwarcytowych i łupków dolnego dewonu. Bardzo dużą rolę w zakwaszeniu wspomnianych płytkich wód stokowych odgrywa również obecność lasów i związana z nimi duża ilość materiału organicznego. W przypadku wzmiankowanych wyżej badań w północnej części Gór Świętokrzyskich, różnica pomiędzy odczynem wody źródeł drenujących te same skały zbiornikowe w obszarze zalesionym (Pasma Klonowskie) i obszarze niezalesionym (Pasma Sieradowickie) wynosi około 1 stopnia w skali pH [Mochoń 1988a, 1992a].

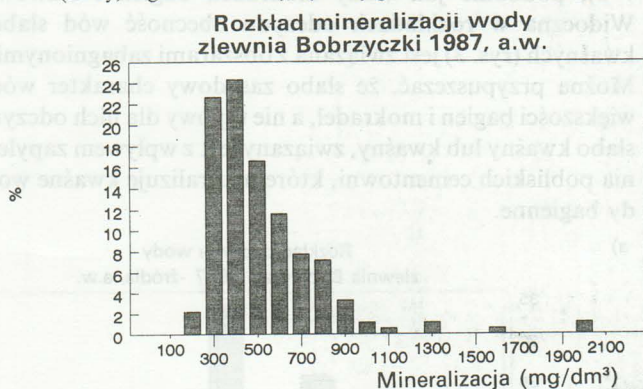
Wody gruntowe, ujmowane studniami kopanymi, cechuje typowy dla nich odczyn zbliżony do obojętnego lub słabo zasadowy (rys. 2). Wody cieków powierzchniowych wykazują natomiast wyraźny odczyn słabo zasadowy (pH 7–8), podobnie jak wody mokradeł, bagien i stawów. Widoczna w rozkładach odczynu obecność wód słabo kwaśnych (rys. 3) jest związana z obszarami zabagnionymi. Można przypuszczać, że słabo zasadowy charakter wód większości bagien i mokradeł, a nie typowy dla nich odczyn słabo kwaśny lub kwaśny, związany jest z wpływem zapylenia pobliskich cementowni, które neutralizuje kwaśne wody bagienne.





Rys. 2. Rozkład odczynu poszczególnych rodzajów wód zlewni Bobrzyczki, czerwiec 1987.

a) źródła, b) ciekii powierzchniowe, c) stojące wody powierzchniowe (stawy, bagna i mokradła), d) wody gruntowe studni kopanych.



Rys. 3. Rozkład mineralizacji wód w zlewni Bobrzyczki, czerwiec 1987.

4.3. Mineralizacja wody

Mineralizację wody obliczono z wartości pomierzonego przewodnictwa elektrycznego. Przewodnictwo jest uznawane obecnie za miarodajną ocenę ilości substancji rozpuszczonych w wodzie [Macioszczyk 1987]. Wielkość mineralizacji jest zaś jedną z ważniejszych cech diagnostycznych, pozwalających ocenić wpływ czynników antropogenicznych na formowanie chemizmu wód. Przeliczenia przewodnictwa elektrycznego na mineralizację dokonano wzorem Rodiera [Castany 1972].

Tab. 2. Wartości charakterystyczne odczynu i ogólnej mineralizacji wód powierzchniowych i podziemnych górnej części zlewni Bobrzyczki

		Ogółem	Źródła	Stawy, bagna i mokradła	Ciekii pow.	Studnie kopane
pH	min	5,40	5,40	6,30	5,90	6,20
	avg	7,11	6,71	7,22	7,28	7,11
	max	8,20	8,20	7,80	8,00	8,20
	std	0,49	0,80	0,36	0,46	0,35
	n	181	24	18	37	89
Ogólna mineralizacja wody	min	138,7	179,5	138,7	200,5	166,2
	avg	473,4	324,7	522,6	321,8	564,5
	max	1941,1	623,7	1941,1	593,7	1554,2
	std	265,3	132,8	503,9	97,6	233,9
	n	181	24	18	37	89

min — minimum, avg — średnio, max — maksimum, std — odchylenie standardowe, n — liczba pomiarów

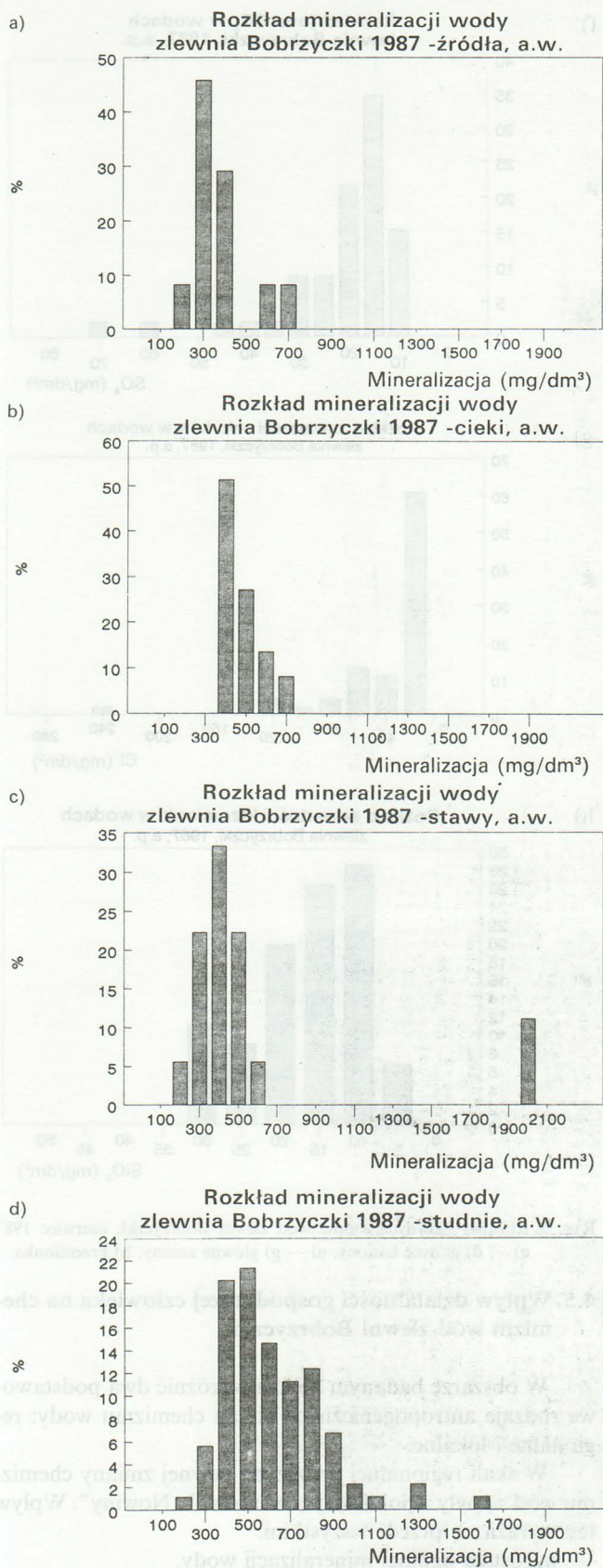
W czerwcu 1987 r. wody zlewni Bobrzyczki wykazywały mineralizację w szerokim zakresie od 160 mg/dm³ do ponad 1600 mg/dm³ (tab. 2), przeciętnie jednak w granicach 400–600 mg/dm³ (rys. 3). Występowało przy tym wyraźne zróżnicowanie wielkości mineralizacji w zależności od rodzaju wody (podziemne, powierzchniowe) i usytuowania punktu poboru próby. Najniższą mineralizacją odznaczają się źródła (rys. 4a) drenujące płytkie wody podziemne występujące na stokach Pasma Zgórskiego. Ich ogólna mineralizacja wynosi od 150 do 350 mg/dm³. Tak niskie wartości mineralizacji świadczą o bardzo krótkim czasie kontaktu wody z glebą i skałami podłoża, ale są także spowodowane rodzajem utworów gromadzących wodę. W tym wypadku podłożem są monotonne mineralnie utwory kambryjskie, o dużym procencie krzemionki i bardzo nieznacznej rozpuszczalności. Tak niska mineralizacja jest typowa w Górach Świętokrzyskich dla płytkich wód podziemnych, występujących w pokrywach rumoszowych pasm zbudowanych z kwarcytów i piaskowców kwarcytowych kambriu i dewonu — np. Pasma Klonowskiego [Mochon 1988a], Pasma Michniowsko-Sieradówickiego [Mochon 1992a] czy też Łysogór [Mochon 1993]. Niskie wartości mineralizacji wód gruntowych, co jest przy tym znamienne, występują na obszarach zwartych kompleksów leśnych. Zjawisko to jest opisywane także w innych regionach Polski [Czerwiński, Prac 1983, Pilichowska-Kazimierska 1991].

Znacznie wyższe wartości mineralizacji, zarówno w próbach pobranych w źródłach (rys. 4a), jak i w ciekach powierzchniowych (rys. 4b) oraz bagnach, mokradłach oraz stawach (rys. 4c) stwierdza się w wodach występujących w dolinie Bobrzyczki. Lokalnie notuje się tu wartości mineralizacji wody nawet bliskie 700 mg/dm³. Wody te znacznie dłużej niż wody stokowe przebywają na terenie zlewni. Występują one także w innym ośrodku, jakim są luźne utwory czwartorzędowe. Z uwagi na to, że próby wody pobierano przy niskim stanie wód, w okresie bezdeszczowym, chemizm wód cieków powierzchniowych można potraktować jako zbliżony do chemizmu płytkich wód podziemnych (wód gruntowych). Osobną grupę stanowią próby wody pobrane ze studni (rys. 4d). Rozkład mineralizacji tych wód jest wyraźnie wielowierzchołkowy, co biorąc pod uwagę także niekiedy bardzo wysokie wartości mineralizacji, świadczy dobitnie o zanieczyszczeniu znacznej części tych wód. Jest to jednak zanieczyszczenie o charakterze lokalnym, związane najczęściej z samą studnią lub jej najbliższym otoczeniem. Jest ono wywołane nieprzestrzeganiem podstawowych standardów czystości w obrębie obejmie gospodarstw. Problem ten występuje także w innych częściach Gór Świętokrzyskich [Mochon 1988b, 1990, 1992b] oraz innych regionach Polski.

Jako aktualne tło hydrochemiczne zlewni Bobrzyczki można przyjąć zakres od 150 do 600 mg/dm³, a wartości wyższe traktować jako anomalie hydrochemiczne.

4.4. Zawartość makroskładników w wodach zlewni Bobrzyczki

Zawartości charakterystyczne (minimalne, średnie, maksymalne, odchylenie standardowe) poszczególnych makroskładników wód powierzchniowych i podziemnych zlewni Bobrzyczki zestawiono w tabeli 3. Za mieszczącą się w granicach zakresu typowego dla wód Regionu Świętokrzyskiego należy uznać zawartości jonów SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺ i K⁺.



Rys. 4. Rozkład mineralizacji poszczególnych typów wód zlewni Bobrzycki, czerwiec 1987.

a) źródła, b) ciekły powierzchniowe, c) stojące wody powierzchniowe (stawy, bagna i mokradła), d) wody gruntowe studni kopanych.

Niekiedy wartości tych jonów są nawet niższe niż w innych rejonach Gór Świętokrzyskich, z uwagi na obniżenie zwierciadła lub zanik wód gruntowych, z reguły bardzo narażo-

nych na wpływ czynników antropogenicznych. Nieco wyższe natomiast wartości od stwierdzonych przez autora [Mochoń 1992a] w północnej części Gór Świętokrzyskich stwierdza się w przypadku jonów Ca^{2+} , Mg^{2+} i HCO_3^- . Średnia zawartość — na przykład — jonu Ca w wodach powierzchniowych zlewni Bobrzycki wynosi ok. 70 mg/dm^3 , podczas gdy w zlewni Świśliny i Psarki, w części północnej Gór Świętokrzyskich, waha się w przedziale $40\text{--}50 \text{ mg/dm}^3$. Podobnie niższą wartość średniego stężenia jonu Ca (49 mg/dm^3 dla okresu 1977–1978) w zlewni Czarnej Nidy podaje C. Rzepa [1992]. Dotyczy to przy tym obszarów o podobnej budowie geologicznej i podobnym użytkowaniu terenu (tereny leśne i użytki rolne). Także wody gruntowe zlewni Psarki i Świśliny wykazywały niższe zawartości jonów Ca^{2+} i HCO_3^- pomimo, iż w zlewni Psarki, położonej na obszarze synkliny bodzentyńskiej, dużą rolę w budowie geologicznej stanowią skały węglanowe. Większe stężenia tych jonów w wodach zlewni Bobrzycki można przypisać emisji pyłów z cementowni w Nowinach. Emisje te w swoim składzie zawierają bowiem przede wszystkim CaO [Siuta, Jakubczak, Lekan 1973, Durczak 1978]. Z wpływem osadzania pyłów z cementowni należy też wiązać podwyższone w stosunku do północnej części Gór Świętokrzyskich [Mochoń 1992] — średnio o 5 mg/dm^3 — zawartość krzemionki w wodach.

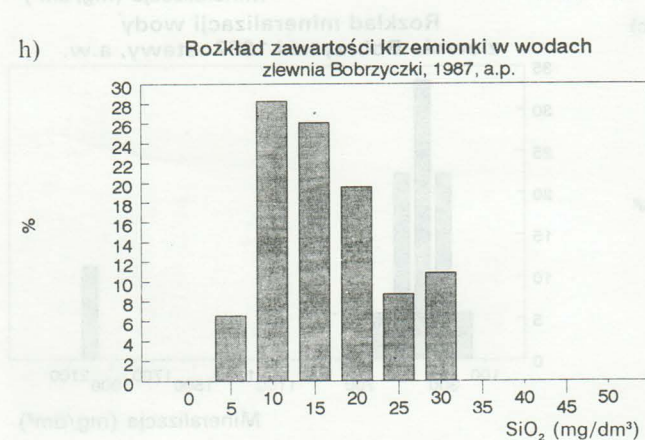
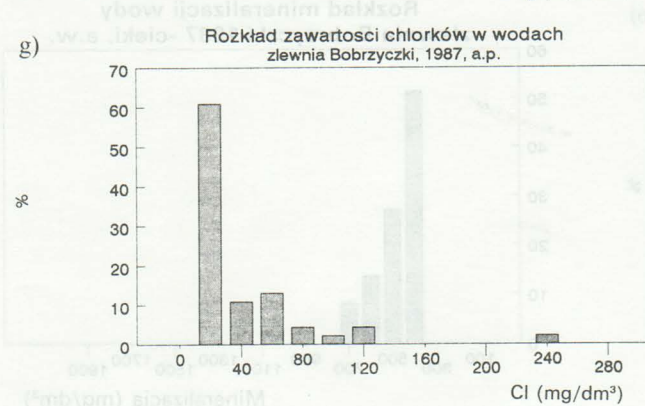
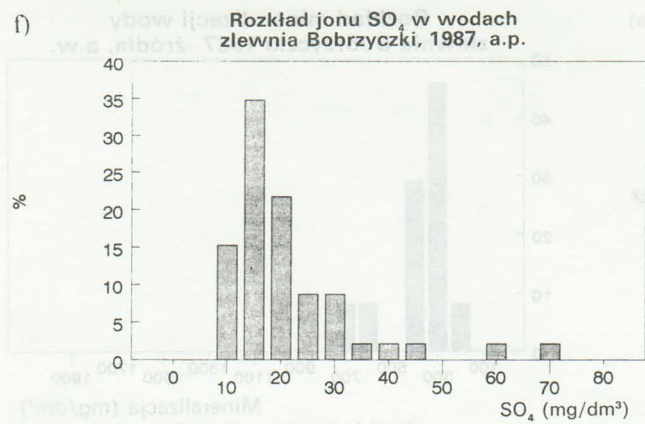
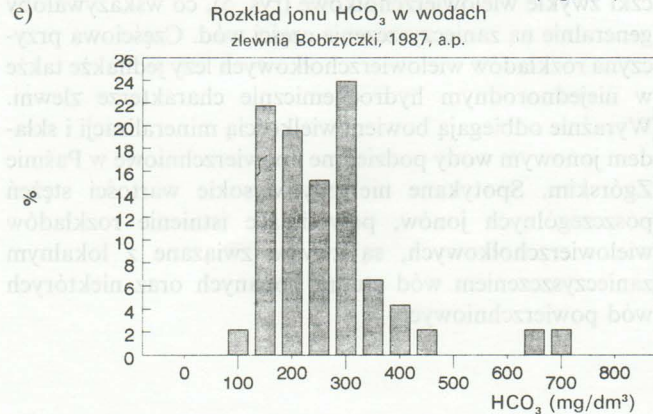
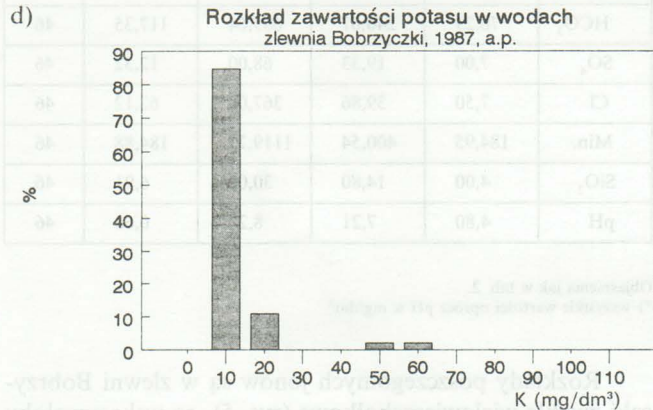
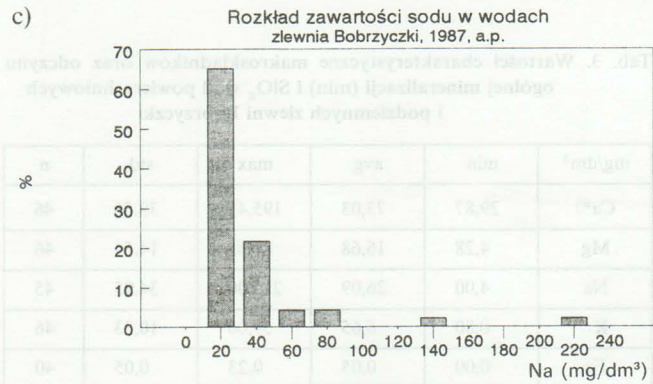
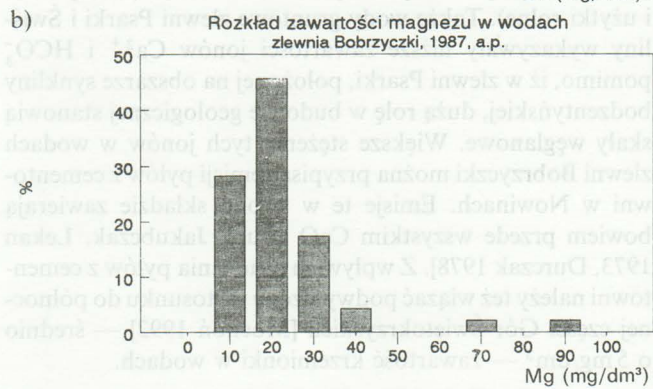
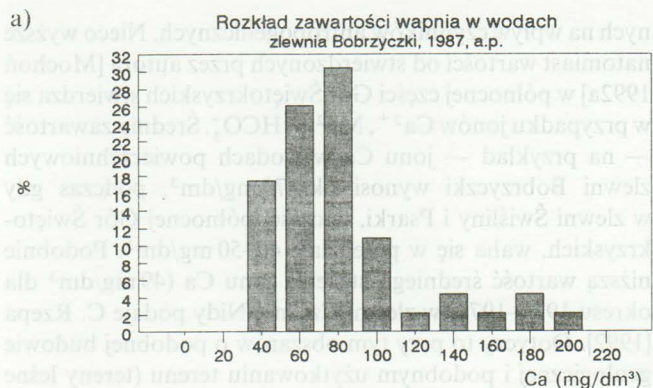
Tab. 3. Wartości charakterystyczne makroskładników oraz odczynu ogólnej mineralizacji (min) i SiO_2 wód powierzchniowych i podziemnych zlewni Bobrzycki

mg/dm^3	min	avg	max	std	n
Ca*)	29,87	73,03	195,43	39,56	46
Mg	4,28	16,68	81,65	14,54	46
Na	4,00	26,09	210,00	34,95	45
K	0,80	6,65	59,00	10,23	46
Fe	0,00	0,05	0,23	0,05	40
HCO_3^-	76,29	240,67	689,64	117,35	46
SO_4	7,00	19,33	68,00	12,32	46
Cl	7,50	39,86	367,00	62,12	46
Min.	184,95	400,54	1119,77	184,88	46
SiO_2	4,00	14,80	30,00	6,91	46
pH	4,80	7,21	8,20	0,68	46

Objaśnienia jak w tab. 2.

*) wszystkie wartości oprócz pH w mg/dm^3

Rozkłady poszczególnych jonów są w zlewni Bobrzycki zwykle wielowierzchołkowe (rys. 5), co wskazywałoby generalnie na zanieczyszczenie części wód. Częściowa przyczyna rozkładów wielowierzchołkowych leży jednakże także w niejednorodnym hydrochemicznie charakterze zlewni. Wyraźnie odbiegają bowiem wielkością mineralizacji i składem jonowym wody podziemne i powierzchniowe w Paśmie Zgórkim. Spotykane niekiedy wysokie wartości stężeń poszczególnych jonów, powodujące istnienie rozkładów wielowierzchołkowych, są zwykle związane z lokalnym zanieczyszczeniem wód studni kopanych oraz niektórych wód powierzchniowych.



Rys. 5. Rozkład głównych jonów wód zlewni Bobrzyczki, czerwiec 1987. a) — d) główne kationy, e) — g) główne aniony, h) krzemionka.

4.5. Wpływ działalności gospodarczej człowieka na chemizm wód zlewni Bobrzyczki

W obszarze badanym można wyróżnić dwa podstawowe rodzaje antropogenicznych zmian chemizmu wody: regionalne i lokalne.

W skali regionalnej przyczyną pewnej zmiany chemizmu wód są pyły z pobliskiej cementowni „Nowiny”. Wpływ ten wyraża się przede wszystkim:

- wzrostem ogólnej mineralizacji wody,
- zmianą odczynu wody w kierunku odczynu bardziej zasadowego,
- podwyższeniem zawartości niektórych jonów, w tym przede wszystkim jonów Ca²⁺ oraz w mniejszym stopniu jonów Mg²⁺, HCO₃⁻ jak również SiO₂.

Ponieważ w terenie tym nie wykonano badań hydrochemicznych przed uruchomieniem cementowni, obecny dominujący chemizm wód stanowi aktualne tło hydrochemiczne, a nie tzw. naturalne tło hydrochemiczne. Porównując

zawartości poszczególnych jonów w wodach badanej zlewni do zlewni położonych w innych rejonach Gór Świętokrzyskich [Mochon 1988a, b, 1992a, b, c], w dużo mniejszym niż zlewnia Bobrzycki stopniu narażonych na wpływ emisji przemysłowych, można jednak stwierdzić, że oprócz wspomnianych wyżej jonów, tło hydrochemiczne pozostałych badanych makroskładników wód powierzchniowych i podziemnych zlewni Bobrzycki nie wykazuje istotnych różnic z wodami obszarów o mniejszej antropopresji.

Drugi aspekt wpływu człowieka na chemizm wód badanej zlewni wiąże się z wyraźnymi, ale o charakterze lokalnym, zanieczyszczeniami wód. Dotyczy to zarówno wód cieków powierzchniowych (w tym przede wszystkim zrzut ścieków ze szpitala na Czerwonej Górze do Bobrzycki), jak i wód gruntowych. W tym drugim przypadku są to mikrostepy zanieczyszczeń związane ze studniami kopanymi i ich najbliższym otoczeniem. W tym przypadku zmiany chemizmu polegają na:

- wyraźnym zwiększeniu ogólnej mineralizacji wody do niekiedy ponad 1000mg/dm³
- występowaniu cztero- i pięciodonowych klas hydrochemicznych z dużym udziałem jonów Cl⁻, SO₄²⁺ i Na⁺,
- zwiększeniu stężeń większości jonów, w tym głównie jonów Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻ PO₄³⁻.

Aktualne tło hydrochemiczne poszczególnych elementów fizykochemicznych wód górnej części zlewni Bobrzycki zestawiono w tab. 4. Wartości wyższe można traktować jako anomalie hydrochemiczne związane z lokalnymi zanieczyszczeniami wód.

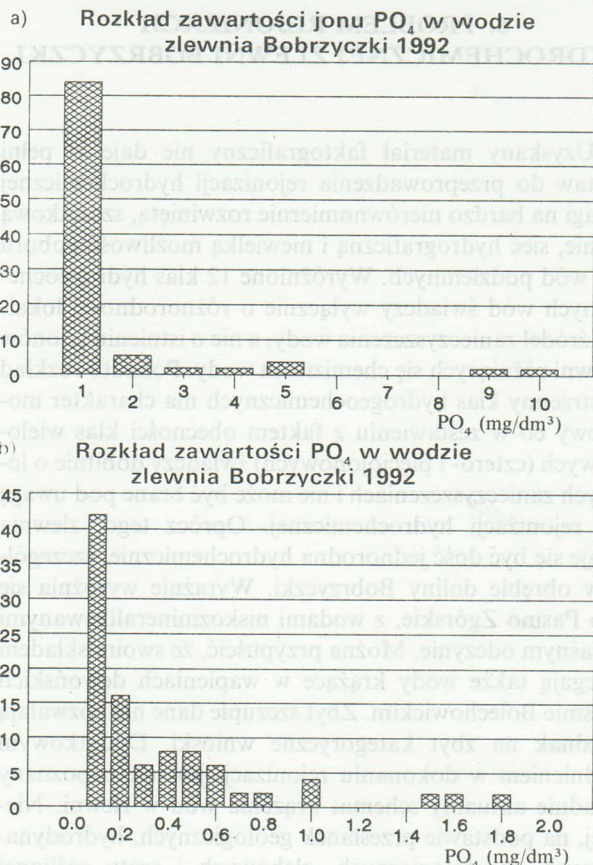
Tab. 4. Aktualne tło hydrogeochemiczne wód powierzchniowych i podziemnych zlewni Bobrzycki

	Przyjęty zakres tła hydrochemicznego mg/dm ³	Najliczniejszy przedział klasowy	
		przedział	% oznaczeń w obrębie przedziału
Mineralizacja	200–700*)	200–600	90
pH	4,8–8,2	6,5–8,0	86
Ca	30–120	30–100	84
Mg	5–40	15–20	66
Na	5–60	10–40	87
K	0–20	1–10	85
HCO ₃	80–450	150–300	80
SO ₄	7–30	10–20	56
Cl	8–40	10–20	61
PO ₄	0–0,7	0–0,2	58
SiO ₂	4–30	5–20	93
Utlenialność	0–5	1–3,5	97

*) bez uwzględnienia wód studni kopanych

Ze względu na to, że w górnej części zlewni Bobrzycki dużą powierzchnię zajmują tereny leśne (w tym większość obszarów zasilania wód podziemnych), łąki i pastwiska, nie występuje tu problem zanieczyszczeń związanych z działalnością rolniczą. W wodach stwierdza się np. niskie zawartości fosforanów (rys. 6a), choć 40% prób (rys. 6b) reprezentowało wody nie należące do I klasy czystości (PO₄³⁻ powyżej 0,2mg/dm³).

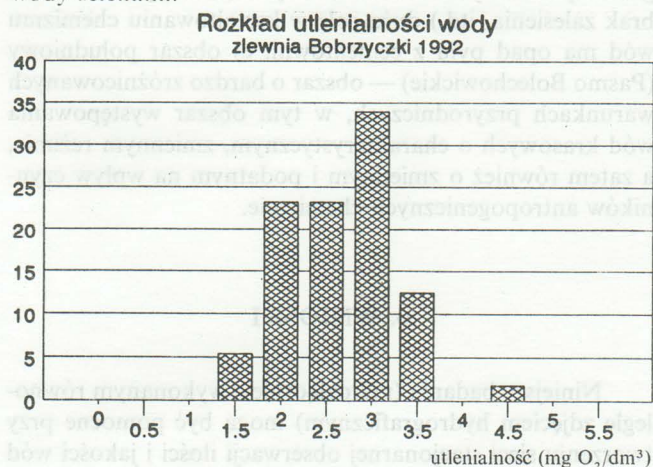
Dużą rolę w niskich stężeniach fosforanów należy przypisać także alkalizacji środowiska, czego konsekwencją jest tworzenie związków fosforu z wapniem w glebach. Pewne znaczenie w niskich zawartościach fosforanów od-



Rys. 6. Rozkład zawartości fosforanów w wodach zlewni Bobrzycki, czerwiec 1992.

a) pełny zakres, b) zakres od 0 do 2 mg/dm³

grywał zapewne fakt poboru prób w czerwcu, a więc w okresie, kiedy fosfor jest asymilowany przez mikroorganizmy jako składnik pokarmowy. Pojedyncze próby zawierające kilka mg/dm³ PO₄³⁻ wskazują na zanieczyszczenie wody ściekami.



Rys. 7. Rozkład utlenialności wód zlewni Bobrzycki, czerwiec 1992.

Prawie wszystkie (oprócz jednej) próby natomiast cechowała utlenialność poniżej 4 mg O₂/dm³ (rys. 7), co świadczy o braku w wodach zanieczyszczających substancji organicznych, czy też związków łatwo utleniających się takich jak jony żelazawe czy azotyny. Uzyskane wartości utlenialności są niższe niż średnie (5–10 mg O₂/dm³) podawane dla polskich rzek przez Starmacha [1976], jak też od uzyskanych podczas badań w Górach Świętokrzyskich w zlewni Lubrzanki [Koziej i in. 1991].

5. PROBLEM REJONIZACJI HYDROCHEMICZNEJ ZLEWNI BOBRZYCZKI

Uzyskany materiał faktograficzny nie daje w pełni podstaw do przeprowadzenia rejonizacji hydrochemicznej z uwagi na bardzo nierównomiernie rozwiniętą, szczerkową obecnie, sieć hydrograficzną i niewielką możliwość poboru prób wód podziemnych. Wyróżnione 12 klas hydrogeochemicznych wód świadczy wyłącznie o różnorodności lokalnych źródeł zanieczyszczenia wody, a nie o istnieniu rejonów w zlewni różniących się chemizmem wody. Ponadto rozkład przestrzenny klas hydrogeochemicznych ma charakter mozaikowy co w zestawieniu z faktem obecności klas wielojonowych (cztero- i pięciodonowych) świadczy dobitnie o lokalnych zanieczyszczeniach i nie może być brane pod uwagę przy rejonizacji hydrochemicznej. Oprócz tego, zlewnia wydaje się być dość jednorodna hydrochemicznie, szczególnie w obrębie doliny Bobrzyczki. Wyraźnie wyróżnia się tylko Pasma Zgórskie, z wodami niskozmineralizowanymi o kwaśnym odczynie. Można przypuścić, że swoim składem odbiegają także wody krążące w wapieniach dewońskich w Paśmie Bolechowickim. Zbyt szczupłe dane nie pozwalają tu jednak na zbyt kategorię wnioski. Dodatkowym utrudnieniem w dokonaniu rejonizacji jest nierozpoznany dokładnie aktualny schemat krążenia wód w zlewni. Niemniej, na podstawie przesłanek geologicznych, hydrodynamicznych, morfologicznych, glebowych i szaty roślinnej można wyróżnić w górnej części zlewni Bobrzyczki trzy rejony, w których chemizm jest kształtowany przez różne czynniki: a) rejon północny (Pasma Zgórskie), gdzie o chemizmie wód decyduje krótki kontakt wody z podłożem (stromy stok), płytko występujące utwory nieprzepuszczalne, zalesienie terenu (kwasy humusowe), ubogie mineralnie utwory podłoża, b) rejon centralny (dolina Bobrzyczki) — rejon gdzie oprócz czynników naturalnych (małe spadki terenu, brak zalesienia, itd.) dużą rolę w kształtowaniu chemizmu wód ma opad pyłu z cementowni, c) obszar południowy (Pasma Bolechowickie) — obszar o bardzo zróżnicowanych warunkach przyrodniczych, w tym obszar występowania wód krasowych o charakterystycznym, zmiennym reżimie, a zatem również o zmiennym i podatnym na wpływ czynników antropogenicznych chemizmie.

6. WNIOSKI

Niniejsze badania (nierozłącznie z wykonanym równoległym zdjęciem hydrograficznym) mogą być pomocne przy tworzeniu sieci stacjonarnej obserwacji ilości i jakości wód w zlewni. Do uzyskania adekwatnego obrazu zmian chemizmu wód w czasie, należy prowadzić ciągle obserwacje w co najmniej trzech punktach, charakterystycznych dla wyróżnionych wyżej trzech rejonów:

1) Obszaru zbudowanego z niewłodonośnych utworów kambru (Pasma Zgórskie) — punktem może być jedno ze źródeł rumoszowych lub ciek powierzchniowy powyżej dolnej granicy lasu.

2) Obszaru doliny Bobrzyczki, z wodami w utworach czwartorzędowych — punktem może być Bobrzyczka oraz piezometr dla pomiarów chemizmu wód gruntowych i wgłębnym.

3) Obszaru krasowego na górze Malik — punktem kontrolnym może być Jaskinia Raj.

Dla pełnego uchwycenia zmian chemizmu wód w profilu pionowym koniecznym byłoby kosztowne odwiercenie małośrednicowego otworu (piezometru) w dolinie Bobrzyczki, umożliwiającemu monitoring wód gruntowych (zawieszonych) w utworach czwartorzędowych oraz wód szczelinowych poziomu głównego w utworach dewońskich. Warto byłoby także podjąć w zlewni badania pobiegu związków azotu i mikrośladków wód.

Aby usytuować w kontekście regionalnym prace badawcze prowadzone w zlewni Bobrzyczki a także monitoring powierzchni ziemi w Świętokrzyskim Parku Narodowym, należałoby dokonać kilkakrotnych badań hydrochemicznych w całych Górach Świętokrzyskich, aby ustalić wiarygodne tło hydrochemiczne dla całego regionu, będące punktem odniesienia dla szczegółowych analiz prowadzonych dla niewielkich obszarów.

7. LITERATURA

- BURCHARD J., 1975: *Stan czystości wód powierzchniowych w regionie świętokrzyskim*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 162. PWN Warszawa.
- BURCHARD J., 1976: *Porównanie stanu czystości Bobrzy w latach 1971–1975*. Acta Universitas Lodzianis Folia Geographica, 5.
- BURCHARD J., 1980: *Obieg wody w dorzeczu Bobrzy*. Acta Geographica Lodzianis 40, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź.
- BURCHARD J., DUBANIEWICZ H., 1976: *Próba oceny zależności niektórych wskaźników zanieczyszczenia wód powierzchniowych od wybranych elementów hydrometeorologicznych*. Acta Universitas Lodzianis Folia Geographica, 5.
- CASTANY G., 1972: *Poszukiwanie i eksploatacja wód podziemnych*. Wyd. Geol., Warszawa.
- CZERWIŃSKI Z., PRACZ J., 1983: *Chemizm wód gruntowych na obszarze Kampinoskiego Parku Narodowego*. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego—Akademia Rolnicza, Warszawa.
- DURCZAK S., SIEMIENIUK I., 1978: *Opad pyłu w rejonie Białego Zagłębia w latach 1974–1976*. Rocznik Świętokrzyski 7 : 17–46.
- GLĄZEK J., MARKOWICZ-ŁOCHINOWICZ M., 1974: *Zależność składu chemicznego wód krasowych od budowy geologicznej w południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich*. W: *Badania i udostępnienie Jaskini Raj*. Wyd. Geol., Warszawa: 167–185.
- HERMAN G., KACZOROWSKI Z., MALICKI W., PRAŻAK J., SZCZEPAŃSKI A., 1991: *Modelowa analiza wpływu odwodnień złóż surowców skalnych w Białym Zagłębiu na regionalne stosunki wodne. Współczesne problemy hydrologii*. V Ogólnopolskie Sympozjum Warszawa-Jachranka. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego — Akademia Rolnicza. Warszawa: 122–126.
- KOZIEJ M., SIUDOWSKA U., JANUSZKO K., JÓŹWIAK M., ROGALIŃSKA I., 1991: *Forms of land use and the protection of soil and water resources in the Lubrzanka river basin (The Góry Świętokrzyskie Mts. region)*. Ochrona Przyrody 48, Kraków: 267–286.
- MACIOSZCZYK A., 1987: *Hydrogeochemia*. Wyd. Geol., Warszawa.
- MITYK J., RZEPA C., 1982: *Ocena czystości wód pitnych wybranych studni kontrolowanych na obszarze Kieleckiego Okręgu Eksploatacji Surowców Węglanowych*. Rocznik Świętokrzyski, 10 : 39–48.
- MOCHOŃ A., 1988a: *Źródła jako podstawa charakterystyki hydrogeologicznej wschodniej części Pasma Klonowskiego (Góry Świętokrzyskie)*. Kwartalnik Geologiczny 32/2: 443–456.
- MOCHOŃ A., 1988b: *Zanieczyszczenie wód podziemnych północnej części Gór Świętokrzyskich*. IV Ogólnopolskie Sympozjum „Aktualne Problemy Hydrogeologii”. cz. 2 *Hydrogeochemia i zanieczyszczenia wód podziemnych*. Instytut Morski, Gdańsk: 128–130.
- MOCHOŃ A., 1990: *Pollution of groundwater in the Northern part of the Holy Cross Mts. (Middle Poland)*. Memoires of the 22nd Congress of AIH 22, Lausanne: 1130–1135.

SUMMARY

The preliminary results of hydrochemical investigations made in 1987 and 1992 in the river Bobrzyzka basin, situated in the western part of the Świętokrzyskie Mts., are presented in this paper. The aim of the investigation was an examination of current chemism of groundwater and surface water (streams, moors, ponds) for the planned monitoring of the earth surface in this area. Another reason was a study on the impact of the dust setting from the cement plant "Nowiny" on waters in the river Bobrzyzka basin. The total amount of 298 water samples were analyzed. It has been stated that the waters are mainly, the most springs included, of $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ or $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$ type. However a certain number of samples was characterized by 4 or 5-ions hydrochemical types (Fig. 1) with a high content of Na^+ , Cl^- and SO_4^{2-} ions. It concerns first of all the samples taken from wells and a part of samples from streams and stillwaters. The majority of waters is characterized by alkaline reaction (Fig. 1, Tab. 2), besides of springs situated in the Zgórskie Range (Fig. 2a), where in both sample sets acid reaction caused by humic acids were observed. These waters are characteristic furthermore of low total mineralization (Fig. 4a); from 150 up to 350 mg/dm^3 while other waters have mainly from 400 to 600 mg/dm^3 dissolved salts (Fig. 3). The amount of well-water mineralization is the highest one (Fig. 4d) because of contamination of these waters. In this case the total mineralization exceeds sometimes 1000 mg/dm^3 . The content of particular ions of waters in the river Bobrzyzka basin is in general in the range of the most frequent values in the Świętokrzyskie Mts. but, first of all, the Ca^{2+} ion and some others ion concentrations are rather higher than in similar areas in the region. Distribution of majority of ions is of these "multi-peak" character (Fig. 5), what is connected with a local contamination of the part of surface- and groundwater. Therefore, two kinds of water pollution in the investigated area were observed. The first one has a regional character and is caused by dust setting from the cement plant "Nowiny". It is signified by: increase of water total mineralization, water reaction shift towards alkaline reaction, increase of content of some ions such mainly Ca^{2+} , secondly HCO_3^- and SiO_2 . The second one has a local character and is connected mostly with the rural hamlet sewage. It is signified by sometimes great increase of water total mineralization, occurrence of 4, 5 and 6-ions hydrochemical types, increase of content of some ions such Na^+ , SO_4^{2-} ; K^+ and PO_4^{3-} in particular samples.

- MOCHOŃ A., 1992: *Głębokość drenażu wód podziemnych w paleozoicznych skalach węglanowych Gór Świętokrzyskich. Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski. I — Wody podziemne w masywach węglanowych*. Wrocław: 87–96.
- MOCHOŃ A., 1992a: *Hydrogeologia niecki bodzentyńskiej. W: Wybrane zagadnienia gospodarki wodnej w systemie zlewni województwa kieleckiego*. Red. E. Kupczyk, T. Biernat. Kielce: 93–111.
- MOCHOŃ A., 1992b: *O niektórych aspektach zanieczyszczenia wód gruntowych w obszarach rolniczych na przykładzie niecki bodzentyńskiej w północnej części Gór Świętokrzyskich. W: Wybrane zagadnienia gospodarki wodnej w systemie zlewni województwa kieleckiego*. Red. E. Kupczyk, T. Biernat. Kielce: 113–124.
- MOCHOŃ A., 1992c: *Chemizm wód powierzchniowych jako źródło informacji o chemizmie wód gruntowych na przykładzie Psarki i Świśliny w Górach Świętokrzyskich. W: Wybrane zagadnienia gospodarki wodnej w systemie zlewni województwa kieleckiego*. Red. E. Kupczyk, T. Biernat. Kielce: 125–136.
- MOCHOŃ A., 1993: *Wpływ czynników antropogenicznych na chemizm wód podziemnych i powierzchniowych w Łysogórach (w przygotowaniu do druku)*.
- PAZDRO Z., 1983: *Hydrogeologia ogólna*, Wyd. Geol., Warszawa.
- PENCZAK T., 1971: *Materiały do znajomości ichtiofauny dorzecza Nidy*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Łódzkiego. Ser. 2, 44.
- PILICHOWSKA-KAZIMIERSKA E., 1991: *Mineralizacja wód podziemnych Kampinoskiego Parku Narodowego jako wskaźnik antropopresji. Współczesne problemy hydrogeologii*. V Ogólnopolskie Sympozjum Warszawa-Jachranka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego — Akademia Rolnicza, Warszawa: 67–73.
- PRAŻAK J., 1992: *Wpływ komunalnych ujęć wód podziemnych na wody powierzchniowe w rejonie Kielc*. W: *Wybrane zagadnienia gospodarki wodnej w systemie zlewni województwa kieleckiego*. Red. E. Kupczyk, T. Biernat. Kielce: 93–112.
- RZEPA C., 1982: *Wpływ przemysłowych zanieczyszczeń atmosfery i powierzchni terenu na własności fizyczno-chemiczne wód krasowych na przykładzie rezerwatu przyrody „Jaskinia Raj” k. Chęciny*. *Rocznik Świętokrzyski* 10 : 49–68.
- RZEPA C., 1992: *Wpływ denudacji na chemizm wód w zlewni Czarnej Nidy w Górach Świętokrzyskich*. KTN, Kielce: 1–100.
- SIUTA J., JAKUBCZAK Z., LEKAN S., 1973: *Wpływ pyłów przemysłu cementowego na rolnictwo. Problemy regionu kieleckiego*. *Studia i Materiały* 3, Kielce: 81–93.
- STARMACH K., 1976: *Rzeki*. W: STARMACH K., WRÓBEL S., PASTERNAK K., *Hydrobiologia*. PWN, Warszawa.
- SZCZEPAŃSKI A., 1982: *Prognoza wpływu głębokiej eksploatacji odkrywkowej surowców skalnych na stosunki wodne w południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich*. *Rocznik Świętokrzyski* 10 : 28–38.
- SZCZEPAŃSKI A., 1985: *Stosunki hydrogeologiczne w synklinie gałęzisko-bolechowicko-borkowskiej w warunkach surowców mineralnych (prognoza)*. III Ogólnopolskie Sympozjum Aktualne Problemy Hydrogeologii, Kraków–Karniowice. AGH, Kraków: 311–319.
- WDOWIN G., DWORNIK L., 1978: *Stan czystości płynących wód powierzchniowych woj. kieleckiego*. *Rocznik Świętokrzyski*, 7 : 79–96.
- ŻAK Cz., ROGALIŃSKI J., 1973: *Prognozy wpływu eksploatacji surowców skalnych na stosunki hydrogeologiczne w „Białym Zagłębiu”*. *Problemy regionu kieleckiego*, *Studia i Materiały* 3, Kielce: 69–80.