

Zakład Hydrografii UMCS w Lublinie

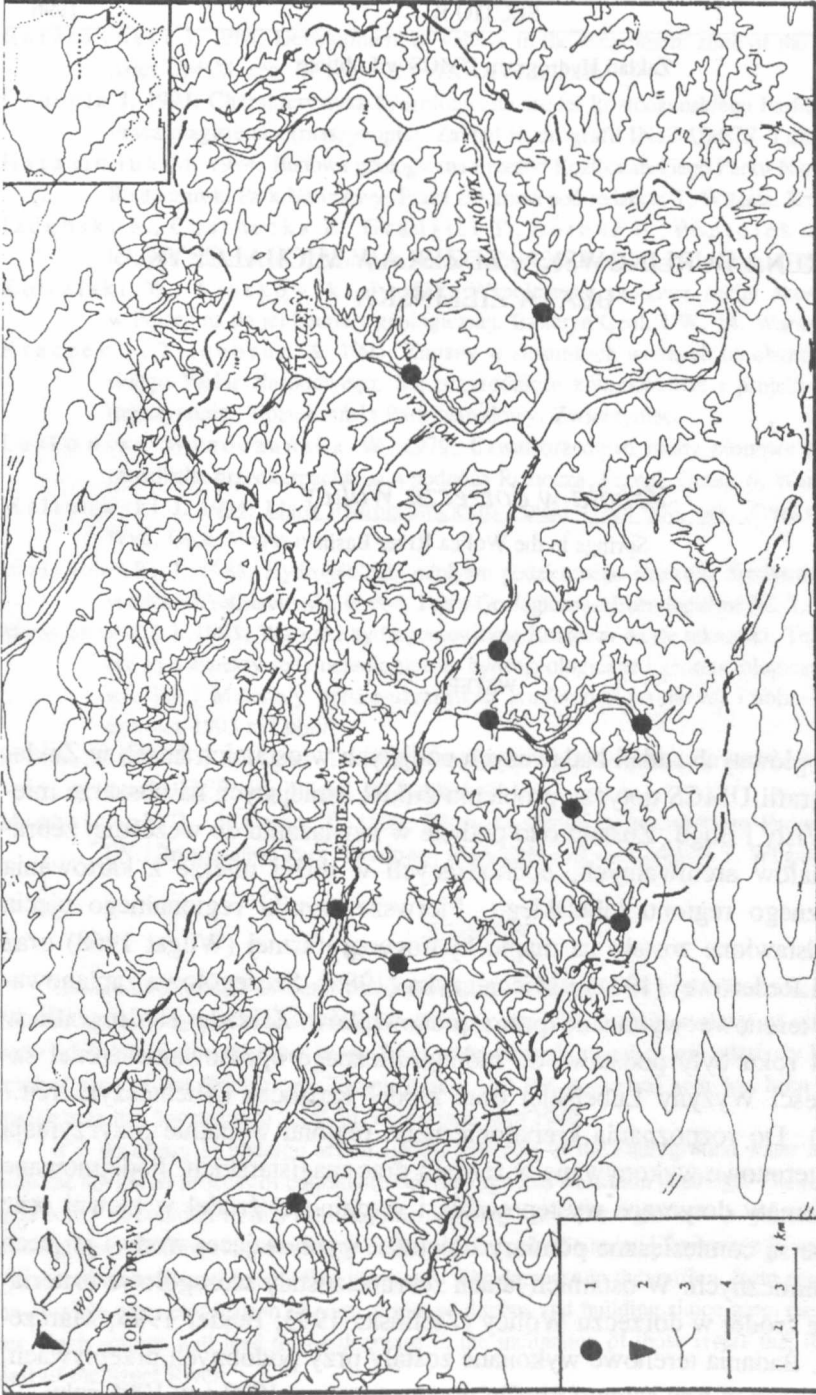
IRENA BURLIKOWSKA, ZDZISŁAW MICHALCZYK,  
BEATA ZIELIŃSKA

*Źródła w dorzeczu Wolicy*

Springs in the Wolica River Basin

WSTĘP

Jedno z głównych zadań badawczych podjętych w ostatnich latach w Zakładzie Hydrografii UMCS dotyczy problemu źródeł istniejących na obszarze międzyrzecza Wisły i Bugu. Zostało ono podjęte w nawiązaniu do wcześniej zebranych materiałów archiwalnych, pochodzących w dużej mierze z kartowania hydrograficznego regionu lubelskiego. Pierwsze wyniki regionalnego ujęcia źródeł przedstawione zostały na mapie hydrogeograficznej (Wilgat 1968) oraz w publikacji Rederowej (1971) i Michalczyka (1986). Szczegółowo zaplanowane badania terenowe wykonane przez pracowników Zakładu Hydrografii w 1992 i 1994 roku były podstawą do monograficznego opracowania źródeł zachodniej części Wyżyny Lubelskiej oraz źródeł Roztocza (Michalczyk /red./ 1993, 1996). Do rozpoznania krenologicznego regionu wydatnie przyczyniają się badania terenowe wykonywane w ramach prac magisterskich. Podejmowane są zwykle tematy dotyczące występowania i wydajności źródeł w zlewni oraz wykonywane są comiesięczne pomiary objętości wypływającej wody i jej cech fizyczno-chemicznych. W ostatnich latach zebrane zostały szczegółowe materiały dotyczące źródeł w dorzeczu Wolicy (Zielińska 1993; Bekier 1996; Marczevska 1996). Badania terenowe wykonane zostały przy podobnych przepływach, zarejestrowanych w tym samym profilu pomiarowym w 1992 i w 1995 roku.



Ryc. 1. Rzeźba terenu i rozmieszczenie najwyższych źródeł w dorzeczu Wolicy; 1 – źródła o wydajności powyżej 10 l/s, 2 – wodowskaz IMiGW, 3 – sieć rzeczna, 4 – powierzchniowy dział wodny

Land relief and distribution of springs of the highest output in the Wolica river basin; 1 – springs of an output above 10 l/s, 2 – water-level indicator of the Institute of Meteorology and Water Management, 3 – river network, 4 – surface watershed

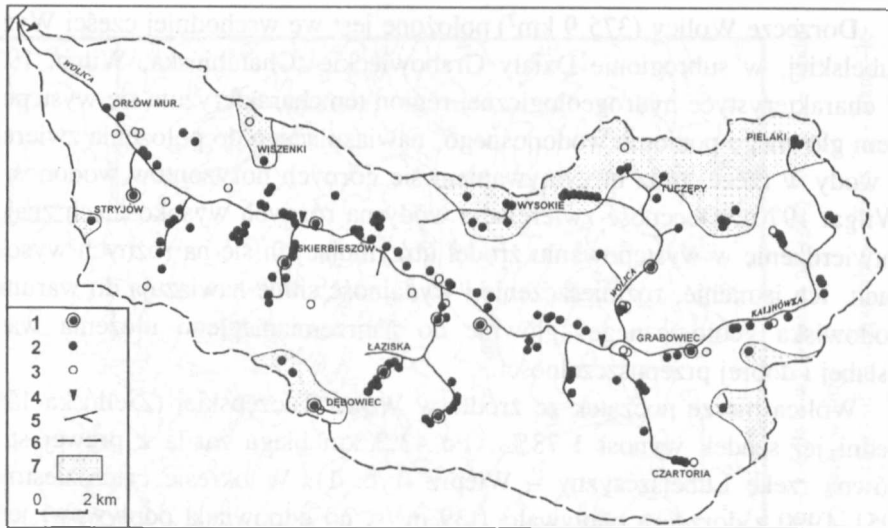
Dorzecze Wolicy (375,9 km<sup>2</sup>) położone jest we wschodniej części Wyżyny Lubelskiej, w subregionie Działy Grabowieckie (Chałubińska, Wilgat 1954). W charakterystyce hydrogeologicznej region ten charakteryzuje się występowaniem głównego poziomu wodonośnego, nawiązującego do położenia zwierciadła wody w rzece, oraz utrzymywaniem się górnych horyzontów wodonośnych (Wilgat 1970). Obecność zwierciadła wody na różnych wysokościach znajduje potwierdzenie w występowaniu źródeł utrzymujących się na różnych wysokościach. Ich istnienie, rozmieszczenie i wydajność silnie nawiązują do warunków środowiska geologicznego, głównie do naprzemianległego ułożenia warstw o słabej i dobrej przepuszczalności.

Wolica bierze początek ze źródła w Wólce Tuczępskiej (Zielińska 1994), średni jej spadek wynosi 1,78‰. Po 42,3 km biegu zasila z prawej strony główną rzekę Lubelszczyzny – Wieprz (ryc. 1). W okresie czterdziestolecia 1951–1990 z dorzecza odpływało 1,39 m<sup>3</sup>/s, co odpowiada odpływowi jednostkowemu 3,81 l/s·km<sup>2</sup>. Najwyższe średnie odpływy przypadają na marzec – 2,93 m<sup>3</sup>/s, a najniższe na sierpień – 0,74 m<sup>3</sup>/s. Jest to więc dość duża zmienność odpływu rzecznego w skali regionu Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. Udział odpływu podziemnego wynosi około 65%, jest to jeden z najniższych w wyżynnym regionie Lubelszczyzny (Michalczyk 1986).

Celem pracy jest przedstawienie warunków występowania i zmian rozmieszczenia źródeł, ich wydajności, cech fizyczno-chemicznych wody oraz roli hydrologicznej i gospodarczej. Zmiany wydajności określono na podstawie rocznych serii pomiarowych w kilku źródłach (Zielińska 1993; Bekier 1996; Marczevska 1996) odniesionych do danych pochodzących z 1962 roku (Kasperek 1963) oraz z innych okresów (Burlikowska 1971).

#### GEOLOGICZNE WARUNKI WYSTĘPOWANIA ŹRÓDEŁ

Dorzecze Wolicy znajduje się w peryferyjnej części wschodnioeuropejskiej platformy prekambryjskiej. Podłoże skalne dla osadów mezozoicznych stanowią utwory karbońskie, na których zalega kilkudziesięciometrowa seria jurajskich wapieni marglistych oraz wapieni z przewarstwieniami piaskowców, mułowców i iłowców (Krassowska, Niemczycka 1984), a także seria osadów kredowych o grubości 500–700 m. W spągu skał kredowych są utwory albu przykryte osadami wszystkich pięter kredy górnej. Skały te, a szczególnie zróżnicowana pod względem litologicznym stropowa seria utworów mastrychtu, mają de-



Ryc. 2. Rozmieszczenie i wydajność źródeł w dorzeczu Wolicy; 1 – źródła o wydajności powyżej 10 l/s, 2 – źródła o wydajności do 10 l/s, 3 – źródła zanikłe, 4 – miejsca pomiarów przepływu, 5 – sieć rzeczna, 6 – powierzchniowy dział wodny, 7 – udokumentowane obszary występowania górnych poziomów wody

Distribution and output of the springs in the Wolica river basin; 1 – springs of an output above 10 l/s, 2 – springs of an output to 10 l/s, 3 – disappeared springs, 4 – sites of flow measurements, 5 – river network, 6 – surface watershed, 7 – documented areas with occurring upper water layers

cydujące znaczenie dla stosunków wodnych dorzecza i regionu. Najstarsze ogniwa masywu tworzą skały typu kredy piszącej i margli oraz wapieni marglistych, środkową i górną część serii budują opoki i margle (Wyrwicka 1977). Poszczególne serie litologiczne skał cechują różne własności fizyczne i nieco inny skład chemiczny, co w efekcie decyduje o porowatości, szczelinowatości, charakterze zwietrzliny, tym samym wpływa na warunki infiltracji oraz na charakter i zasobność wód podziemnych (Wilgat 1970).

Na obszarze zlewni, utwory kredowe lokalnie wychodzą na powierzchnię, najczęściej w pobliżu szczytowych partii działu wodnego oraz na stromych zboczach asymetrycznych dolin bocznych. W strefie przypowierzchniowej skały górnej kredy pocięte są bezładną siecią spękań wietrzeniowych, głębiej zaś występują spękania ciosowe i zróżnicowane tektonicznie systemy ukierunkowanych szczelin i spękań przecinających warstwy skał węglanowych (Rybicki, Rybicki 1973; Harasimiuk 1980). Spękania i silnie uszczelniony masyw skalny ma dobre warunki do przewodzenia i gromadzenia wody podziemnej, a zróżnico-

wanie litologiczne sprzyja tworzeniu się i utrzymywaniu górnych horyzontów wód podziemnych.

Skąły kredowe pokrywają luźne utwory czwartorzędowe o niewielkiej (do 2 m) miąższości w partiach wierzchowinowych. Tworzą je utwory lessopodobne i lessy, których grubość rośnie w dół stoku od 6 do 12 m. Są to lessy zboczowe, warstwowane, a miejscami silnie zapiaszczone (Jahn 1956), co sprzyja tworzeniu się wierzchówkowych poziomów wody. Gleby wytworzone z lessów i utworów lessowatych stanowią największy kompleks gleb w dorzeczu Wolicy (Dobrzański, Uziak 1969).

W dolinach rzecznych miąższość osadów czwartorzędowych wzrasta do 40 m. Seria ta składa się z pokryw zwietrzelinowych, deluwiów ilasto-gruzowych, mułów i ilów jeziorno-rozlewiskowych oraz deluwalno-rzecznych, piasków rzeczno-peryglacjalnych z wkładkami drobnych żwirów. W okresie zlodowacenia północnopolskiego dolina została pokryta mułkami, mułkami piaszczystymi, rzeczno-peryglacjalnymi oraz piaskami ze żwirami (Harasimiuk i in. 1988). Strop pokrywy czwartorzędowej w dolinach tworzą holocenijskie namuły torfiaste, torfy niskie oraz mady.

Pionowa zmienność litologiczna skał kredowych decyduje o utrzymywaniu się kilku horyzontów wodonośnych występujących piętrowo. Ich zasięgi, zgodnie z wodoprzepuszczalnością warstw skalnych, są znacznie ograniczone przez silne rozcięcie terenu. Na obszarze dorzecza występują trzy poziomy wodonośne w utworach kredowych (ryc. 2). Główny, ciągły poziom utrzymuje się na wysokości 180–230 m n.p.m. Natomiast wyższy kredowy, na wysokości powyżej 235–260 m n.p.m. Jeszcze wyżej pojawia się również kredowy poziom na wysokości około 270–280 m. Ponad nimi stwierdzano istnienie poziomu wierzchówkowego (Kasperek 1963) występującego lokalnie na najwyższych wzniesieniach dorzecza koło Dębowca (powyżej 298 m n.p.m.). Zwykle pierwsze zwierciadło wody ma charakter swobodny i jest współkształtne z rzeźbą powierzchni terenu. Główny poziom wodonośny, zwany dolinnym, występuje na wysokości 180–230 m.

Zasilanie wód piętra kredowego następuje przez infiltrację opadów atmosferycznych w podłoże. Najlepsze warunki w zasilaniu wód podziemnych występują na zboczach i wierzchowinach, gdzie miąższość osadów czwartorzędowych jest znacznie niższa niż w dolinach. Głębokość występowania wód podziemnych zmienia się od kilku metrów w strefie zboczy dolin do 15–60 w strefach wierzchowinowych. W obszarach wysoko wyniesionych pierwsza strefa zawodnienia może występować na głębokości kilkunastu metrów, druga zaś na 40–60 m. Jeszcze wyżej utrzymują się płytkie wody na śródlessowych

poziomach zglinienia lub na zwietrzelinie skał kredowych w strefie kontaktu wód kredowych i czwartorzędowych.

#### POŁOŻENIE I ROZMIESZCZENIE ŹRÓDEŁ

Liczby źródeł w dorzeczu Wolicy nie można ustalić w sposób ścisły. Wynika to z trudności metodycznych i ze zmiennej zasobności wodnej obszaru. Występują na tym terenie pojedyncze źródła i zespoły wypływów. Najczęściej są to podboczowe wypływy linijne o skoncentrowanym odpływie pojawiające się na odcinku kilkudziesięciu, a nawet kilkuset metrów, np. w Ornatowicach na długości 350 m jest 9 źródeł, w Majdanie Tuczępskim na odcinku 400 m istnieje aż 8 źródeł (Zielińska 1994). Dość powszechnie występują zespoły 3–5 źródeł położonych obok siebie formujących jeden odpływ (Skomorochy Duże, Sulmice, Majdanek). Zarejestrowano również miejsca, w których w niszy obok głównego źródła istnieje wiele mniejszych wypływów zarówno wstępujących, jak i zstępujących (Grabowiec Góra, Stryjów). Niektóre najmniejsze wypływy, w zależności od wielkości zasilania atmosferycznego i pory roku, mogą być kwalifikowane jako wycieki, młaki lub niewielkie źródełka.

Tab. 1. Hipsometryczne położenie i wydajność źródeł w dorzeczu Wolicy  
Hypsometric position and the output of the springs in the Wolica river basin

Przedział m n.p.m.	Liczba źródeł w klasach wydajności			Brak pomiaru	Źródła czynne	Udział %	Źródła zanikłe
	< 1 l/s	1–10 l/s	> 10 l/s				
271 + 280		2			2	1,2	2
261 + 270	2	1	1		4	2,4	1
251 + 260	14	4			18	10,9	3
241 + 250	4	2			6	3,6	
231 + 240	1	1			2	1,2	
221 + 230	17	4		1	22	13,3	3
211 + 220	12	7	4	6	29	17,6	2
201 + 210	29	14	3	7	46	27,9	6
191 + 200	16	6	2		31	18,9	2
181 + 190	2	3			5	3,0	4
Razem	97	44	10	14	165	100	23

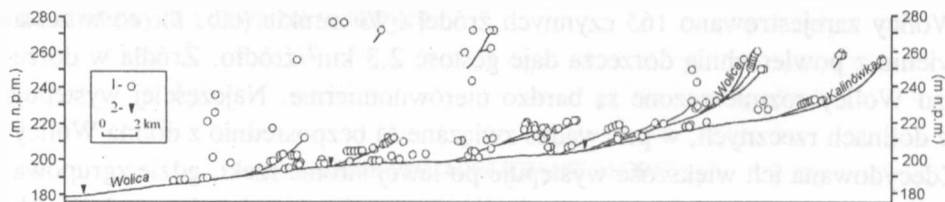
W czasie badań terenowych prowadzonych w ostatnich latach w dorzeczu Wolicy zarejestrowano 165 czynnych źródeł i 23 zanikłe (tab. 1), co w zestawieniu z powierzchnią dorzecza daje gęstość 2,3 km<sup>2</sup>/źródło. Źródła w dorzeczu Wolicy rozmieszczone są bardzo nierównomiernie. Najczęściej występują w dolinach rzecznych, w przewadze związane są bezpośrednio z doliną Wolicy. Zdecydowana ich większość występuje po lewej stronie rzeki, gdzie zgrupowane są w kilkunastu miejscach (ryc. 2). W obszarach wierzchowinowych i w obrębie zboczy źródła występują sporadycznie. Natomiast dość często stwierdzane są w wąwozach i bocznych dolinkach rozcinających zbocza wierzchowin, w obrębie których utrzymują się wyższe poziomy wodonośne (Tuczępy, Hołużno, Dębowiec, Wysokie). W ujęciu hydrologicznym najwięcej źródeł zarejestrowano w środkowej części dorzecza – 64, nieco mniej – 57 w górnej i 44 w dolnej (tab. 2). Największa gęstość źródeł jest w środkowej Wolicy – 2,2 km<sup>2</sup>/źródło, 2,4 km<sup>2</sup>/źródło w dolnej oraz 2,6 km<sup>2</sup>/źródło w części górnej. Źródła zanikłe stwierdzono w całym dorzeczu – 9 w górnej Wolicy oraz po 7 w dolnej i środkowej.

Najczęściej źródła usytuowane są pod zboczami (72%), w dnach dolin niezbyt daleko od krawędzi doliny oraz u podnóża terasy nadzalewowej znajduje się 21%, a tylko 7% pod zboczami. W zdecydowanej większości źródeł stwierdza się szczelinowe wypływy wody podziemnej. Często towarzyszy im znacznie mniej liczna grupa wypływów pulsujących. Dla wielu małych wypływów, znajdujących się w dnach dolin, nie można było ustalić sposobu wypływu wody, ponieważ były zarośnięte i zamulone. Wszystkie źródła w dorzeczu Wolicy zasilane są wodami krążącymi w utworach węglanowych górnej kredy.

Tab. 2. Liczba i wydajność źródeł w dorzeczu Wolicy  
The number and output of the springs in the Wolica river basin

	Górna Wolica				Środkowa Wolica				Dolna Wolica				Dorzecze Wolicy			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
< 1 l/s	42	73,7	10,2	20,7	27	42,2	4,8	2,1	28	63,7	5,9	7,3	97	58,8	21,2	5,9
1–10 l/s	7	12,3	13,5	27,4	27	42,2	116,2	53,1	10	22,7	37,5	43,8	44	26,7	170,6	47,4
> 10 l/s	2	3,5	25,6	51,9	6	9,4	100,8	44,8	2	4,5	41,8	48,9	10	6,1	168,2	46,7
Brak pom.	6	10,5			4	6,2			4	9,1			14	8,4		
Razem	57	100	49,3	100	64	100	221,2	100	44	100	85,2	100	165	100	360,0	100

A – liczba źródeł; B – udział procentowy w liczbie źródeł; C – wydajność sumaryczna (l/s); D – udział procentowy w wydajności



Ryc. 3. Profil podłużny Wolicy z dopływami i rozmieszczenie źródeł; 1 – źródła, 2 – miejsca pomiarów przepływu

Longitudinal profile of the Wolica river with tributaries and distribution of springs; 1 – springs, 2 – sites of flow measurements

Hipsometryczne położenie źródeł nawiązuje do wysokości występowania zwierciadła wody. W dorzeczu Wolicy wypływy wody znajdują się od 187,5 m n.p.m. (Orłów Murowany) do 275 m n.p.m. (Kolonia Zrąb). Zgrupowane są w trzech strefach wysokościowych (tab. 1, ryc. 3). W przedziale wysokości 180–230 m n.p.m., odpowiadającym rzędnym den dolin i położeniu głównego zwierciadła wody, występują 133 źródła (80% wszystkich źródeł). Na wysokości górnego poziomu wody (240–260 m n.p.m.) znajduje się 26 wypływów, a w strefie wód wierzchówkowych (270–276 m n.p.m.) jedynie 6 źródeł. Wyższy kredowy poziom wodonośny 240–260 m n.p.m. występuje w sposób ciągły w północno-wschodniej i południowo-wschodniej części dorzecza oraz w sąsiedztwie działu wodnego środkowej zlewni Wolicy. Najwyższy kredowy poziom wodonośny 270–276 m n.p.m. występuje lokalnie w północnej i południowej części środkowej Wolicy, w pobliżu działu wodnego. Drenowany jest przez 6 źródeł (ryc. 2). Najwięcej źródeł nieczynnych było zasilanych z dolinowego poziomu wodonośnego (tab. 1). Stwierdzono również zanik źródeł zasilanych z wierzchówkowego poziomu wodonośnego występującego lokalnie powyżej 280 m n.p.m. w obszarze wododziałowym Wolicy i Wojsławki (Zielińska 1994; Marczevska 1996).

Strumienie biorące początek ze źródeł zasilanych wodami podziemnymi górnych poziomów często giną w podłożu po przepłynięciu kilkudziesięciu lub kilkuset metrów. Zjawisko to dotyczy wszystkich wypływów zasilanych z najwyższego poziomu wodonośnego i kilku drenujących poziom wyższy (ryc. 2). W Wysokim skoncentrowany odpływ z 3 źródeł zanika po 2,6 km. Również strumień odprowadzający wody z wydajnego źródła w Dębowcu (10,7 l/s) zanika w podłożu po 600 m (Marczevska 1996).



## WYDAJNOŚĆ ŹRÓDEŁ

W czasie badań terenowych prowadzonych w 1992 i 1995 roku pomiary wydajności źródeł wykonywano młynkiem hydrometrycznym lub zastawkami. Wydatki źródeł w dorzeczu Wolicy są bardzo zróżnicowane, od znikomej ilości wydobywającej się wody do 28 l/s. Najwydajniejsze źródła w dorzeczu Wolicy, zasilane z głównego poziomu wodonośnego, znajdują się w środkowej części zlewni w Łaziskach (28,0 l/s) oraz dolnej w Majdanku (27,2 l/s). W wypływach drenujących główny kredowy poziom wodonośny stwierdzono największe zróżnicowanie wydajności. Obok bardzo małych wypływów są tu źródła o dużych wydatkach, jednak typowe dla tego obszaru są źródła o najmniejszej wydajności. Wypływy zasilane z wyższego kredowego poziomu wodonośnego nie wykazują takiego zróżnicowania, ich wydajność oscyluje koło 1 l/s. Zwykle małe wydatki mają źródła zasilane wodami najwyższego kredowego poziomu wodonośnego.

W dorzeczu Wolicy najwięcej jest źródeł małych (97), których wydatek nie przekracza 1 l/s (tab. 2). Stanowią one prawie 60% ogólnej liczby źródeł, a ich łączna wydajność wynosi 21,2 l/s, co daje jedynie 5,9% sumarycznej wydajności źródeł. W 80% zasilane są z głównego kredowego poziomu wodonośnego (tab. 1). Wyższy kredowy poziom wodonośny drenowany jest przez 19% źródeł, a najwyższy zaledwie przez 2 wypływy. Wydajność około 27% źródeł (44) mieści się w klasie 1–10 l/s (tab. 2). Dają one sumaryczną wydajność ponad 170 l/s, co stanowi 47% wydajności wszystkich źródeł. Wypływy tej klasy dominują w środkowej części dorzecza (tab. 2). W 77% są one zasilane z głównego poziomu wodonośnego (tab. 1). Wyższy kredowy poziom wodonośny drenuje 7 wypływów, a 3 poziom najwyższy.

W 10 źródłach (6,1%) wydajność stale przekracza 10 l/s. Najwydajniejszych 6 źródeł znajduje się w środkowej części dorzecza Wolicy oraz po 2 w zlewni górnej i dolnej (tab. 2, ryc. 2). Sumaryczna ich wydajność wynosi 168,2 l/s, co stanowi 46,7% zarejestrowanej objętości wypływającej wody podziemnej. Prawie wszystkie źródła zasilane są wodami głównego poziomu. (tab. 1). Wyjątkiem jest źródło w Dębowcu wypływające na wysokości 270 m n.p.m. w środkowej części dorzecza, które zasilane jest z najwyższego kredowego poziomu wodonośnego.

Sumaryczna wydajność wszystkich źródeł dorzecza Wolicy, zmierzona na przełomie lata i jesieni 1992 i 1995 roku w okresie średnich niskich stanów wody podziemnej, wynosiła 360,0 l/s. Jednostkowy podziemny odpływ pochodzący z zasilania źródłanego wynosił prawie 11 l/s·km<sup>2</sup>. Niewątpliwie łączna wydaj-

ność źródeł jest nieco wyższa. Nie uwzględniono bowiem wydajności 14 źródeł zalanych wodami stawów, dla których nie ustalono dokładnej wielkości wydatku. W największym stopniu o sumarycznej ilości wody wypływającej ze źródeł decydują najwydajniejsze wypływy, one również stanowią o zasobności wodnej rzeki w okresach bezopadowych.

W okresie pomiarów wydajności źródeł w rzece płynęła woda pochodząca wyłącznie z zasilania podziemnego. W dolnym biegu – 1 km powyżej ujścia – w dniach pomiaru źródeł przepływ Wolicy wynosił 341 l/s. Do rzeki ze źródeł dopływało 322 l/s, jest to wartość mniejsza o 38 l/s od sumarycznej wydajności zarejestrowanych źródeł. Ta część wody, pochodzącej ze źródeł zasilanych z górnych poziomów, infiltrowała w podłoże skalne kilkadziesiąt lub kilkaset metrów poniżej miejsca wypływu. Zatem w okresie pomiarów terenowych, prowadzonych w trzeciej dekadzie sierpnia 1995 roku, wody wypływające ze źródeł stanowiły 94% objętości odpływającej wody z dorzecza. Z bezpośredniego drenażu korytowego pochodziło tylko 6% wody rzecznej. W okresie średniego odpływu wielkość zasilania podziemnego oceniona została na  $2,6 \text{ l/s-km}^2$ , w tym dopływ ze źródeł można szacować na  $1,4 \text{ l/s-km}^2$ . Zasilanie źródłane jest więc nieco wyższe od wartości spływu powierzchniowego, którego wielkość oceniono w dorzeczu Wolicy na  $1,2 \text{ l/s-km}^2$ .

#### ZMIANY LICZBY, WYDAJNOŚCI I ZNACZENIA ŹRÓDEŁ

Zagadnienie zmian liczby i wydajności źródeł w dorzeczu Wolicy opracowano na podstawie materiałów archiwalnych z lat pięćdziesiątych i 1961 roku oraz danych dotyczących inwentaryzacji źródeł w dorzeczu przeprowadzonej w latach 1992 i 1995 (Kasperek 1963; Zielińska 1993; Bekier 1996; Marczevska 1996).

Sytuacja hydrometeorologiczna okresów badań była podobna. Pomiary wykonano w letnich miesiącach przy stanach wody podziemnej niższych od wartości średnich. Wydaje się, że w dorzeczu Wolicy stany wody podziemnej w lecie 1961 i 1992 roku były zbliżone, natomiast w lecie 1995 roku nieco wyższe niż w poprzednich okresach pomiarowych. Na podstawie zebranych materiałów zarejestrowane źródła podzielono i omówiono w kilku grupach.

## ŹRÓDŁA ZANIKŁE

W okresie ostatnich czterdziestu lat zanikły 23 źródła. Przeważnie drenowały one główny, dolinny poziom wodny. Tylko 4 wypływy były związane z wyższymi poziomami, w tym tylko 1 w Dębowcu drenowało najwyższy w obrębie dorzecza poziom na wysokości ponad 270 m n.p.m.

Dla większości źródeł zanikłych ustalono ich wydajności. Przeważnie były to źródła słabe i bardzo słabe, o wydajności nie przekraczającej 0,3 l/s. Tylko 2 z tej grupy należały do najwydajniejszych wypływów. Źródło w Orłowie Murowanym o wydajności 5 l/s (Kasperek 1963) drenujące główny poziom wód w utworach kredowych zanikło z niewyjaśnionych przyczyn i w trudnym do ustalenia okresie. W 1995 roku odnaleziono jedynie pozostały po nim fragment betonowej obudowy. Źródło w Wiszenkach o wydajności 4,2 l/s drenujące wyższy poziom w utworach kredowych było w przeszłości bardzo intensywnie użytkowane. Zanikło po raz pierwszy w 1970 roku w wyniku prac wiertniczych przy budowie studni głębinowej. W ciągu kilkunastu kolejnych lat woda w źródle pojawiała się sporadycznie i na krótko. Od ponad 10 lat źródło nie funkcjonuje.

Zanikłe źródło w Dębowcu, położone na wysokości 272 m n.p.m., miało w 1961 roku wydajność 0,3 l/s. Wówczas było starannie obudowane i intensywnie użytkowane. Nie udało się ustalić okoliczności jego zaniku. Źródło w Majdanie Sitanieckim (256 m n.p.m.) zanikło na długo przed kartowaniem tego terenu w 1961 roku. W jego miejscu zbudowano studnię, w której poziom wody w 1961 roku był na głębokości 3,2 m (Kasperek 1963). Źródło znajdowało się w dnie wąwozu lessowego. Zanikło na skutek silnych zmywów z okolicznych pól. Kilkanaście (16) źródeł zanikłych znajdowało się w dolinach rzecznych. Przestały funkcjonować po zmniejszeniu ciśnienia wód podziemnych i na skutek zamulania oraz zmian warunków wypływu następujących po zabiegach melioracyjnych przeprowadzonych w dolinie Wolicy i wszystkich bocznych dolinkach. W efekcie zmniejszenia intensywności wypływu następuje zamulanie i zarastanie nisz źródłanych.

## ŹRÓDŁA ZANIKAJĄCE

Grupę 20 słabych źródeł dorzecza, które aktualnie nie dają odpływu, uznano za zanikające. Prawie wszystkie (z wyjątkiem 2) znajdują się w dolinach rze-

czynnych. Najwięcej wypływów zanikających zarejestrowano w zlewni górnej Wolicy, gdzie dominują źródła o niewielkiej wydajności. Źródła te zmniejszają swoją wydajność, najczęściej na skutek intensywnego zamulania w okresie zmywów powierzchniowych. Procesy erozji powierzchniowej w dorzeczu Wolicy są bardzo intensywne. Sprzyjają temu duże spadki terenu, miąższa pokrywa utworów lessowych i znaczne wylesienie. W grupie źródeł zanikających 8 jest obudowanych kręgiem betonowym. Taka obudowa w przeszłości ułatwiała użytkowanie źródła, teraz sprzyja jego zanikowi. Stagnująca w betonie woda dławi wypływ, szczeliny ulegają zamuleni. Większość źródeł w dolinie Wolicy i w większych dolinkach bocznych ma charakter podpiływowy. Po celowym obniżeniu poziomu wody w podmokłej dolinie przy równoczesnym intensywnym zamulaniu, któremu towarzyszy wzmożone zarastanie, słabe wypływy ascensyjne ulegają zanikowi. Ten proces można obserwować na całej długości doliny Wolicy. Otoczenie źródeł zanikających, słabych, więc już bezużytecznych dla ludzi bywa zamieniane na śmietniska (Zielińska 1993).

#### ZMIANY WYDAJNOŚCI ŹRÓDEŁ STAŁE FUNKCJONUJĄCYCH

Do tej grupy zaliczono źródła z odpływem. Długość strumienia odprowadzającego wody ze źródła zależy od intensywności wypływu i wysokości położenia źródła. Woda ze źródeł drenujących wyższe poziomy najczęściej płynie na długości kilkuset metrów (najwyżej 2,6 km w przypadku 5 źródeł w Wysockim), po czym wsiąka w podłoże, nie docierając do Wolicy.

Najmniejsze źródła z grupy czynnych o wydajności do 0,5 l/s mają niekiedy odpływ zredukowany do kilkunastu metrów od miejsca wypływu. Źródeł najślabszych w dorzeczu o wydajności do 0,5 l/s zarejestrowano 52. Połowa z nich (26) jest w górnej części dorzecza, gdzie z reguły towarzyszą wypływowi zanikłym i zanikającym. Jest charakterystyczne, że te wypływy najczęściej występują w położeniu dolinnym i tworzą zespoły źródeł. Przeważnie mają charakter ascensyjny (Kalinówka, Sulmice, Hołużno, Ornatowice), często wypływ w takim źródle nie jest widoczny na skutek silnego rozwoju roślinności (Broczówka). Te źródła, przy wzmożonym zamulaniu doliny, są szczególnie narażone na stopniowy zanik odpływu. Z porównania materiałów archiwalnych z aktualnymi wynika, że prawie połowa tych najślabszych źródeł zmniejszyła swoją wydajność w ciągu minionych 30 lat. Najgwałtowniejszy spadek wydajności źródeł tej grupy zanotowano w przypadku wypływu na wysokości

225 m n.p.m. w Majdanie Sitanieckim. Bezpośrednia zlewnia powierzchniowa źródła jest niewielka i wynosi zaledwie 2 km<sup>2</sup>. Źródło znajduje się w górnej części silnie wciętej dolinki zakończonej kilkoma głębokimi wąwozami. W roku 1961 źródło miało wydajność 3,6 l/s, w 1991 r. – 0,95 l/s, a w 1995 r. jego wydajność określono na 0,06 l/s. W przeszłości źródło było bardzo intensywnie użytkowane i miało wyjątkowo staranną obudowę. Nie udało się ustalić przyczyn silnego obniżenia wydajności źródła.

W grupie pozostałych 113 źródeł, o wydajności przekraczającej 0,5 l/s, zmniejszenie wydajności w analizowanym okresie wykazuje 20 źródeł. Wśród nich są źródła różnych klas wydajności, w tym także największe. Źródliko w Grabowcu zmniejszyło wydajność z 17,6 l/s w 1961 r. do 9,7 l/s w 1992 roku, źródło ascensyjne w Skomorochach z 22,2 l/s do 15,9 l/s w tym samym czasie. Silny spadek wydajności wykazuje źródliko w Majdanku (dolna Wolica), z około 30 l/s w 1961 roku do 7,1 l/s w 1995 roku. Źródło w Huszczce na wysokości 207 m n.p.m. zmniejszyło wydajność z 3 l/s do 0,7 l/s, a w Majdanie Sitanieckim na zbliżonej wysokości z 10 l/s do 6,8 l/s.

Generalnie można stwierdzić, że najczęściej zmniejszenie wydajności wykazują źródła dolinne i podzboczowe w najniższym położeniu. Szczególnie często zmniejszenie wydajności obserwuje się w zespołach wypływów pulsujących (Broczówka, Kalinówka, Dańczypól, Ornatowice), silnie reagujących na zmiany ciśnienia wód podziemnych.

Obniżyły też wydajność źródła w obszarach zmeliorowanych. Niektóre zanikły, zniknęły też młaki często towarzyszące źródłom dolinnym. Pojawiły się natomiast nowe, nie rejestrowane wcześniej wypływy w dnach rowów melioracyjnych (Huszczka, Łysiny). Z reguły są to słabe wypływy, choć w przypadku, gdy rowy sięgają zboczy stoków, wydajność tych źródeł osiąga wyższe wartości, np. w Łysinach 2 l/s. W grupie źródeł podzboczowych wyraźnie obniżyły swoją wydajność te, w których duży jest udział wypływów ascensyjnych (Majdanek, Majdan Sitaniecki). Mniejszy spadek wydajności wykazują źródła z dominacją wypływów szczelinowych descensyjnych (Czechówka, Majdan Krynicki, Lipina Nowa, Stryjów, Wolica Uchańska), znajdujących się zwłaszcza w środkowej i dolnej części zlewni Wolicy.

Sezonowe zmiany wydajności źródeł drenujących główny poziom są niewielkie, co pozwala zaliczyć je do wypływów o stałej i mało zmiennej wydajności. W Majdanie Sitanieckim w roku hydrologicznym 1995 wartości te zawierały się w granicach 5,2–12,5 l/s, w Stryjowie 11,5–28,7 l/s, w Sadach 1,6–4,6 l/s. W zlewni górnej Wolicy wynosiły odpowiednio w 1992 roku: w Grabowcu 9,6–21,3 l/s, a w Skomorochach (źródło ascensyjne) 11,0–18,9 l/s.

W okresie wieloletnim obserwuje się stabilizację wydajności w grupie źródeł drenujących doliny poziomy wodonośny na wysokości około 210 m n.p.m. Powyżej tego poziomu źródła w okresie minionych 30 lat zasadniczo nie obniżyły trwale swojej wydajności. Świadczą o tym źródlika w Łaziskach, Rozdołach, Kryniczках, Czechówce, Tuczępach. Źródła w Łaziskach i Rozdołach mimo intensywnego zamulania z bezpośredniej zlewni o powierzchni 24 km<sup>2</sup> nie wykazują oznak ubożenia. Potokiem o spadku 3,15‰ odpływa około 110 l/s wody z obu źródeł. Niezmienna intensywność wypływów warunkowana jest dużymi na tej wysokości spadkami hydraulicznymi wód podziemnych. Źródło w Kryniczках położone na wysokości 220 m n.p.m. drenuje jeszcze główny poziom doliny. Znajduje się ono w strefie znacznych spadków hydraulicznych wód podziemnych oraz ma stosunkowo niewielką zlewnię bezpośrednią. Co miesięczne pomiary jego wydajności w roku 1995 wykazywały sezonowe zmiany w granicach 1,8–6,4 l/s. Brak trwałych zmian wydajności w minionym 30-leciu oraz znaczne sezonowe zróżnicowanie wydajności wyraźnie różni to źródło od wypływów drenujących doliny.

Podobnie zachowują się źródła drenujące wyższe, nadległe poziomy wodonośne, których jest w dorzeczu 32. W ciągu minionych 30 lat nie zmieniły trwale swojej wydajności. Najwyżej położone źródła znajdują się w środkowej części zlewni Wolicy, gdzie zarejestrowano 6 czynnych źródeł na wysokości 270 m n.p.m. i nieco wyżej. Z zestawienia pomiarów wykonanych latem w 1961 i 1995 roku wynika, że źródła te nie obniżyły trwale swojej wydajności. W źródle w Dębowcu (270 m n.p.m.) stwierdzono wzrost wydajności. W 1961 roku wynosiła ona 6,0 l/s, a w sierpniu 1995 roku 10,7 l/s. Ten okresowy wzrost wydajności świadczy o szybkiej reakcji źródeł drenujących najwyżej położone poziomy wodonośne na wzmożone zasilanie. Potwierdzeniem tej tezy są wyniki z obserwacji sezonowych zmian wydajności źródła w Wysokim, położonego na wysokości 270 m n.p.m. W roku hydrologicznym 1995 wydajności tego źródła zawierały się w granicach 2,2–7,3 l/s.

Większość źródeł w dorzeczu Wolicy była w przeszłości wykorzystywana do zaopatrzenia ludności wiejskiej w wodę. Dla ułatwienia poboru wody były obudowywane drewnem lub betonem. Szczególnie intensywnie użytkowano najwyżej położone źródła i strumienie od nich odpływające. Korzystały z nich niekiedy całe wsie i powszechnym zjawiskiem było dowożenie wody źródlanej do innych wsi pozbawionych źródeł, a z głębokimi wodami podziemnymi i niedostatkiem studni. Po wybudowaniu wodociągów we wsiach zmieniła się rola źródeł, użytkowania wielu poniechano zupełnie. Powszechnie obserwuje się naturalne niszczenie, a niekiedy bezmyślną dewastację obudowy źródeł (Dębo-

wiec, Majdan Sitaniecki, Pielaki, Wiszenki). Do wyjątków należą przykłady dbałości o źródła, które w przeszłości odegrały tak ważną rolę w życiu wsi. Do takich należy źródło w Wysokiem, położone w obszarze o bardzo trudnych warunkach zaopatrzenia w wodę. Zaopatrywało w wodę trzy wsie strefy wododziałowej: Wysokie, Osiczyń i Lipinę. Pierwotnie wodę z wysoko położonego wypływu doprowadzano do wsi systemem połączonych połówek wydrążonych pni drewnianych. Obecnie tę rolę pełnią skaskadowane rynienki wzmocnione blachą.

Źródła dolinne stosunkowo często są zabudowywane, a ich woda służy do napełniania niewielkich z reguły stawów hodowlanych. W ten sposób użytkuje się 21 źródeł Wolicy. Większość z nich znajduje się w dnie stawów, a jedynie zubożałe już obecnie źródłisko w Broczówce napełnia staw leżący w sąsiedztwie wypływów. Jak wynika z materiałów archiwalnych źródła, które znalazły się obecnie w stawach cechują się niewielką na ogół wydajnością, są więc narażone na zanik poprzez zamulenie.

Na odpływach z niektórych źródeł w dorzeczu Wolicy istniały młyny wodne. Tak wykorzystywano przez lata odpływ wody z wydajnego źródła w Łaziskach (ok. 50 l/s), w Rozdołach (65,8 l/s), Iłowcu (kilkadziesiąt litrów na sekundę) oraz ze zubożałych już obecnie źródeł w Piotrówce (ok. 3 l/s).

Źródła w dorzeczu pełnią ważną rolę w zasilaniu Wolicy. Rzekę wzbogacają w wodę wszystkie źródła dolinne i podboczowe, które zachowały naturalne z nią połączenie lub uzyskały je w trakcie prac melioracyjnych. Istotną rolę w alimentowaniu rzeki głównej mają wydajne źródłiska, tworzące kilkukilometrowe strumienie, odprowadzające wodę do Wolicy. Do takich należą przede wszystkim źródła w Łaziskach, Rozdołach, Iłowcu, w mniejszym stopniu w Majdanie Sitanieckim, Huszczce i Czechówce. Źródła wyżej położone nie zasilają już bezpośrednio rzeki, nie zasilały też przed 30 laty. Strumienie giną w podłożu na różnej długości i wysokości nad poziomem morza, a woda z nich jest przekazywana częściowo do niższych poziomów wodonośnych (Wysokie, Kryniczki, Dębowiec, Zrąb). Woda z 3 źródeł w Zrębie i Dębowcu położonych w najwyższych partiach bezpośredniej zlewni silnych źródeł w Łaziskach i Rozdołach ginie powyżej tych wypływów i być może, że w jakimś stopniu dociera do Wolicy, ale już za pośrednictwem tych dwu dużych źródeł, przejmujących wodę podziemną wspomnianej zlewni.

## PODSUMOWANIE

Główny zbiornik użytkowych wód podziemnych występuje w spękanych skałach górnej kredy, wykształconych w postaci opok i margli, lokalnie zawo-  
dnione są również utwory czwartorzędowe. Skały kredowe wykazują duże  
różnicowanie warunków filtracji pionowej i poziomej, co sprzyja utrzymywa-  
niu się zwierciadła wód podziemnych na kilku charakterystycznych wysokoś-  
ciach. Położenie i rozmieszczenie źródeł nawiązuje do wysokości występowania  
zwierciadła wód podziemnych oraz jest konsekwencją silnego rozcięcia terenu.  
Dużą rolę w rozmieszczeniu i wydajności źródeł odgrywiają strefy drożnych  
spękań tektonicznych. Najzasobniejsze w wodę są źródła drenujące główny pozi-  
om wodonośny. Poziomy wyżej występujące są mniej zasobne w wodę, dre-  
nują je mniej liczne źródła, a ich wydajności są małe.

W dorzeczu Wolicy zarejestrowano 165 czynnych źródeł oraz 23 miejsca,  
w których dawniej istniały wypływy wody podziemnej. Wydajności źródeł są  
bardzo zróżnicowane od 0,1 l/s do 28 l/s. Największe zróżnicowanie wydajnoś-  
ci stwierdzono w źródłach zasilanych z głównego kredowo-czwartorzędowego  
poziomu wodonośnego. Najliczniejszą grupę (58,8%) stanowią źródła małe  
o wydajnościach nie przekraczających 1 l/s. Źródeł o dużych wydajnościach  
powyżej 10 l/s jest tylko 10.

Łączna wydajność zmierzonych źródeł wynosi 360 l/s. Najliczniejsza grupa  
małych źródeł dostarcza tylko około 6% sumarycznej wydajności. Natomiast 10  
najwydajniejszych źródeł doprowadza do rzeki 47% objętości wypływającej  
wody podziemnej. Taki sam udział w zasilaniu rzeki ma 44 źródeł o wydaj-  
ności od 1 do 10 l/s.

Rytm wahań wydajności źródeł jest podobny do zmian położenia zwier-  
ciadła wody podziemnej w studniach zlokalizowanych w ich pobliżu, co wska-  
zuje na zasilanie z tych samych poziomów wodonośnych oraz na decydującą ro-  
lę opadu w tworzeniu zasobności wodnej. Wpływ opadów atmosferycznych za-  
znacza się wzrostem wydajności źródeł następującym w różnym czasie (kilka  
tygodni). Najsilniej reagują źródła na infiltrację wód pochodzących ze śródzi-  
mowych i wiosennych roztopów oraz z długotrwałego zasilania opadowego.

Źródła pełnią ważną rolę w zasilaniu Wolicy. Rzekę wzbogacają w wodę  
wszystkie źródła dolinne i podboczowe, które zachowały naturalne z nią połą-  
czenie lub uzyskały je w trakcie prac melioracyjnych. Istotną rolę w alimento-  
waniu rzeki głównej mają też wydajne źródlika, tworzące kilkukilometrowe  
strumienie odprowadzające wodę do Wolicy. Wszystkie źródła zasilające rzekę  
wydatnie przyczyniają się do dużego udziału wód podziemnych – dopływają-



cych ze źródeł lub pochodzących z bezpośredniego drenażu korytowego – w zasilaniu Wolicy osiąającym w okresie wielolecia prawie 70%.

W okresie pomiarów terenowych prowadzonych w trzeciej dekadzie sierpnia 1995 roku sumaryczna wydajność źródeł w dorzeczu Wolicy wynosiła 360 l/s. Do rzeki ze źródeł dopływało tylko 322 l/s. Część wody pochodzącej ze źródeł zasilanych z górnych poziomów (38 l/s) wsiąkała w podłoże skalne. Wody wypływające ze źródeł stanowiły 94% odpływu całkowitego, z bezpośredniego drenażu korytowego pochodziło tylko 6% wody rzecznej. Wartość źródłanego odpływu jednostkowego w okresie wielolecia jest nieco wyższa od wielkości spływu powierzchniowego.

Zebrane materiały krenologiczne dokumentują przekształcenia stosunków wodnych dorzecza Wolicy zachodzące w ciągu minionych dziesięcioleci. Są one następstwem dużych zmian w użytkowaniu ziemi oraz towarzyszącym im przeciwnym procesom – wzmożonej denudacji mechanicznej na międzyrzeczach i akumulacji osadów w dolinach. Denudacja prowadzi do niszczenia pokrywy glebowej decydującej o kierunkach obiegu wody opadowej. Wzrost dynamiki obiegu wody nie sprzyja stabilizacji zasobów wszystkich poziomów wodonośnych, a zwłaszcza górnych – silnie reagujących na zasilanie atmosferyczne. Ubożenie poziomów wodonośnych i zamulanie źródeł stanowią najczęstszą przyczynę okresowego ich funkcjonowania, a następnie zaniku. Dotyczy to zwłaszcza źródeł w położeniu dolinnym.

#### LITERATURA

- Bekier A. 1996; Charakterystyka hydrologiczna źródeł zlewni dolnej Wolicy. Maszynopis Zakładu Hydrografii UMCS, Lublin.
- Burlikowska I. 1971; Problem wody dla Działów Grabowieckich, Przegląd Geograficzny, t. XLIII, z. 3.
- Chalubińska A., Wilgat T. 1954; Podział fizjograficzny województwa lubelskiego, Przewodnik Ogólnopolskiego Zjazdu PTG, Lublin, 3–44.
- Dobrzański B., Uziak S. 1969; Pokrywa glebowa województwa lubelskiego, Przegląd Geograficzny, t. 41, z. 1, 67–78.
- Harasimiuk M. 1980; Rzeźba strukturalna Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. Wyd. UMCS, Lublin, 1–136.
- Harasimiuk M., Henkiel A., Król T. 1988; Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, arkusz Krasnystaw, Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, A. Krasnystaw, Wyd. Geol. Warszawa.
- Jahn A. 1956; Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd. Prace Geogr. IG PAN, 7, 1–453.

- Kasperek J. 1963; Stosunki wodne w dorzeczu Wolicy. Maszynopis Zakładu Hydrografii UMCS, Lublin.
- Krassowska A., Niemczycka T. 1984; Pokrywa mezozoiczna Lubelskiego Zagłębia Węglowego. Przew. LVI Zjazdu PTGeol. Wyd. Geol. Warszawa, 36–55.
- Marczewska A. 1996; Charakterystyka hydrologiczna źródeł zlewni środkowej Wolicy. Maszynopis Zakładu Hydrografii UMCS Lublin.
- Michalczyk Z. 1986; Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. Wyd. UMCS, Lublin, 1–195.
- Michalczyk Z. (red.) 1993; Źródła zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Wyd. UMCS Lublin, 1–200.
- Michalczyk Z. (red.) 1996; Źródła Rostocza – monografia hydrograficzna. Wyd. UMCS Lublin, 1–199.
- Rederowa E. 1971; Występowanie źródeł na Wyżynie Lubelskiej i w obszarach przyległych. Przgl. Geogr., t. XLIII, z. 3, Warszawa, 355–360.
- Rybicki S., Rybicki J. 1973; Właściwości inżyniersko-geologiczne utworów kredowych okolic Chełma Lubelskiego. Kwart. Geol., t. 17, z. 2, Warszawa,
- Szałkiewiczówna B. 1968; Działy wodne Wyżyny Lubelskiej. Wyd. UMCS Lublin, 1–173.
- Wilgat T. 1968; Przeglądowa mapa hydrogeograficzna województwa lubelskiego. Ann. UMCS, sec. B, vol. XX, Lublin, 223–242.
- Wilgat T. 1970; Kontrowersja na temat sposobu występowania wód w kredzie lubelskiej. Przgl. Geogr., t. XLII, z. 1, Warszawa, 57–68.
- Wyrwicka K. 1977; Wykształcenie litologiczne i węglanowe surowce skalne mastrychtu lubelskiego Biul. IG. 299, Z badań złóż surowców skalnych w Polsce. T. 9, Warszawa, 5–98.
- Zielińska B. 1993; Charakterystyka hydrologiczna źródeł zlewni górnej Wolicy. Maszynopis Zakładu Hydrografii UMCS Lublin.
- Zielińska B. 1994; Źródła górnej Wolicy. Ann. UMCS, sec. B, t. XLIX, Lublin, 163–175.

#### SUMMARY

The geological condition of the existing springs in the Wolica river basin, their distribution, output, regime and the physicochemical composition of their waters, as well as the role of the springs in supplying the river and changes occurring in the water conditions of the basin, are presented in this paper. It has been completed on the basis of the documentation materials collected during repeated field studies.

Underground waters in the Wolica river basin occur in fissured carbonate rocks of the Upper Cretaceous. The presence of the main and upper aquiferous layers is found on the basis of the underground water table. Their existence is confirmed by numerous springs occurring at different heights. Of 165 active springs 80% are supplied from a continuous valley layer, the other ones drain the higher layers. The output of the springs is very differentiated from 0.1 l/s to 20 l/s. The biggest output differentiation was found in springs supplied from the main cretaceous–quaternary

aquiferous layer. The largest group (58.8%) is constituted by small springs of an output not exceeding 1 l/s. There are only 10 springs of a big output above 10 l/s.

In the past, the springs in this region were intensively exploited for economic purposes. They supplied the country people with water and served to drive the water-mills. Most of their outflows were enclosed to keep water back for convenient exploitation. Water is still drawn from many spring outflows. In the last decades the output of 40% of the Wolica basin springs distinctly decreased, and 23 outflows disappeared. The output decrease and disappearance of springs have resulted largely from reduced water reserves, drainage of valley bottoms and silting up water outflows. A bigger output decrease was found in springs draining waters from the main layer, whilst the supply of springs from upper layers is stable.

The Wolica basin springs play an important role in supplying the river. In the third decade of August 1995, the total output of the springs in the Wolica river basin was 360 l/s. Only 322 l/s flowed from them into the river. A part of the water from the springs supplied by the upper layers – 38 l/s – sank into the bedrock. The waters flowing out from spring constituted 94% of the total outflow. The value of underground supply was estimated at  $2.6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  in relation to the mean outflow of many years from the Wolica river basin, including the water inflow of about  $1.46 \text{ l/s km}^2$  from the springs. The spring supply exceeds a little the amount of the surface runoff which was estimated at  $1.2 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ .

