

Zakład Hydrografii
Instytut Nauk o Ziemi UMCS

Zdzisław MICHALCZYK, Marek TURCZYŃSKI

*Charakterystyka hydrologiczna źródeł w Wąwolnicy
na Wyżynie Lubelskiej*

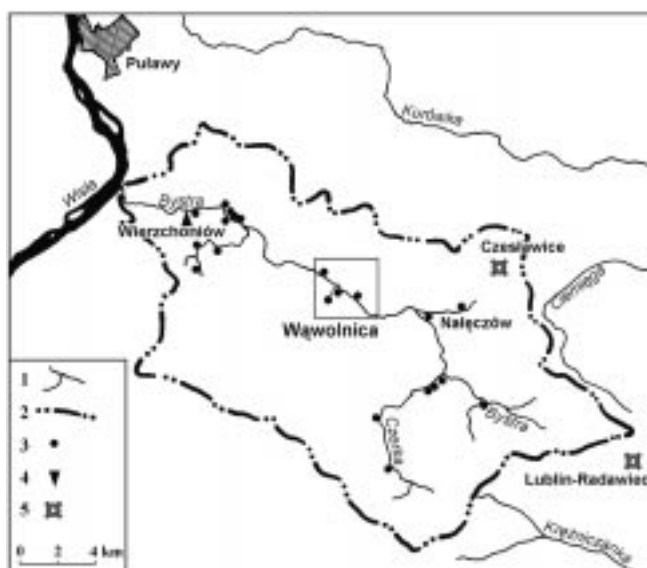
Hydrological characteristics of springs in Wąwolnica on the Lublin Upland

W S T Ę P

Wyżynna część Lubelszczyzny jest obszarem o urozmaiconej rzeźbie, urodzajnych glebach wytworzonych na lessach i utworach lessowatych, rzadkiej sieci rzecznej oraz głęboko występującymi wodami podziemnymi, których obecność przejawia się na powierzchni terenu licznymi źródłami. W strukturze użytkowania ziemi dominują grunty orne, a lasy i zarośla zajmują tereny o największych spadkach, w tym również zbocza wąwozów. Jednym z fragmentów Wyżyny Lubelskiej dobrze odpowiadającym podanej charakterystyce jest dorzecze Bystrej, położone na Płaskowyżu Nałęczowskim, a szczególnie jego środkowa część – okolice miejscowości Wąwolnica. W tym rejonie funkcjonują trzy wydajne stałe źródła i jedno okresowe. Znajdują się one po obu stronach Bystrej, prawostronnego dopływu Wisły, uchodzącej w strefie jej małopolskiego przełomu.

Źródła, jako naturalne, samoczynne i skoncentrowane wypływy wody podziemnej, występują w miejscach, w których powierzchnia topograficzna przecina warstwę wodonośną lub statyczne zwierciadło wody podziemnej. Ich liczba i rozmieszczenie oraz reżim wydajności są ważnymi wskaźnikami hydrogeologicznymi, charakteryzującymi warunki obiegu wody w podziemnej fazie jej krążenia. Należy podkreślić, że obserwacje i różnorodne badania źródeł

prowadzone w regionie lubelskim mają ponadstuletnią tradycję. Pierwsze opracowania dotyczyły źródeł na Sławinku (Doborzyński 1896), które kiedyś były wykorzystywane jako wody uzdrowiskowe. Pierwsze wyniki regionalnego ujęcia źródeł przedstawione zostały na mapie hydrogeograficznej (Wilgat 1968) oraz w publikacjach Rederowej (1971) i Michalczyka (1986). W ostatnich latach pracownicy Zakładu Hydrografii UMCS rozpoczęli intensywne badania dotyczące szczegółowego poznania rozmieszczenia i reżimu wydajności źródeł istniejących w wyżynnej części obszaru międzyrzecza Wisły i Bugu. Zostały one podjęte w nawiązaniu do wcześniej zebranych materiałów archiwalnych, pochodzących w dużej mierze z kartowania hydrograficznego regionu lubelskiego oraz do różnej długości serii pomiarowych udostępnionych przez IMiGW. Szczegółowo zaplanowane badania terenowe, wykonane przez pracowników Zakładu Hydrografii w latach 1991, 1994 i 2000 roku, były podstawą do monograficznego opracowania źródeł zachodniej części Wyżyny Lubelskiej, źródeł Rostocza oraz źródeł Wyżyny Lubelskiej i Rostocza (Michalczyk red. 1993, 1996b, 2001). Do rozpoznania krenologicznego regionu wydatnie przyczyniły się prace terenowe wykonywane w ramach grantu KBN 6 P04E 024 17, dotyczące rozmieszczenia i reżimu wydajności źródeł oraz ich roli w zasilaniu rzek Wyżyny Lubelskiej i Rostocza w roku hydrologicznym 2000.



Ryc. 1. Położenie obszaru badań; 1 – rzeki, 2 – dział wodny dorzecza Bystrej, 3 – najwydajniejsze źródła, 4 – wodowskaz, 5 – stacja opadowa
Location of the research area; 1 – rivers, 2 – watershed of the Bystra River basin, 3 – efficient springs, 4 – water – gauge, 5 – rainfall station

WARUNKI WYSTĘPOWANIA WÓD PODZIEMNYCH I ŹRÓDEŁ

Główny i zarazem użytkowy poziom wód podziemnych okolic Wąwolnicy i dorzecza Bystrej występuje w skałach wieku kredowego, wykształconych jako opoki, opoki margliste oraz margle mastrychtu. Tworzą one górną serię kredowych skał węglanowych o miąższości dochodzącej do 1000 m. Podłoże skał kredowych jest silnie spękane, a w strefach rozluźnień tektonicznych rozwinęła się sieć dolin rzecznych Płaskowyżu Nałęczowskiego. Skały te mają duży udział w kształtowaniu dróg krążenia wody w skałach węglanowych, a także znaczącą rolę w rozmieszczeniu i wydajności źródeł związanych ze strefami tektonicznymi i nawiązującymi do nich dolinami rzeczny. Do głównego kierunku spękań tektonicznych, w północno-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej, o przebiegu WNW–ESE nawiązuje dolina Bystrej. Jej kopalna rynna ma głębokość 30–40 m (Harasimiuk, Henkiel 1976; Harasimiuk 1980). W innych strefach spękań o kierunku NNE–SSW rozwinęły się liczne boczne dolinki. W kopalnej dolinie Bystrej występuje zawodniona kilkumetrowa seria fluwioglacjalnych piasków różnoziarnistych ze żwirami, na których zalegają osady holoceni. Współczesne dno doliny Bystrej jest płaskie, a koryto rzeki wcina się przeważnie na głębokość od 0,6 do 1,0 m.

W obszarze położonym na północ od Bystrej, na skałach kredowych zalegają gezy, wapienie i piaskowce glaukonitowe paleocenu. Są one przykryte warstwami gliny zwałowej i piasków różnego pochodzenia (Harasimiuk, Henkiel 1976), tworzącymi lokalny układ krążenia wód podziemnych. Podczas ostatniego zlodowacenia na Płaskowyżu Nałęczowskim osadziły się warstwy lessu, których maksymalna grubość sięga do 30 m. Powierzchnia lessowa została pocięta gęstą siecią głębokich wąwozów. Miejscami rozcinają one cały pokład lessu, aż do słabo przepuszczalnych glin lub zwietrzliny marglistej, co sprzyja formowaniu się wypływów wody gruntowej na kontakcie tych utworów. W południowej części dorzecza Bystrej, w obszarze zaliczanym do Równiny Bełżyckiej less nie występuje. Skały kredowe przykryte są tu cienką warstwą osadów piaszczysto-pylastych. Dominującą formą użytkowania ziemi w rejonie Wąwolnicy są grunty orne. Natomiast lasy i użytki zielone zajmują znikome powierzchnie.

Zwierciadło wody podziemnej pierwszego poziomu występuje w dolinie rzecznej bardzo płytko i utrzymuje się w osadach holoceni zalegających na starszych osadach lodowcowych i skałach kredowych, które ukazują się na powierzchni w obrębie stromych zboczy dolin. Głębiej występują naporowe wody krążące w spękanych węglanowych skałach górnej kredy. Zwierciadło wody podziemnej obniża się do doliny Bystrej, jednakże gradienty hydrauliczne są bardzo zróżnicowane, a często w ułożeniu zwierciadła wody stwierdza się ob-

szary zwiększonych spadków, które zostały zinterpretowane jako strefy nieciągłości użytkowanego zwierciadła wód podziemnych.

Głęboko wcięta dolina Bystrej zbiera zarówno wody piętra czwartorzędowego, jak i kredowego stanowiąc swoisty mikroregion hydrograficzny (Michalczyk, Wojciechowski 1981). Zwierciadło użytkowanego poziomu wód podziemnych tego piętra utrzymuje się od 135 do 206 m n.p.m. Główne drogi krążenia stanowią szczeliny istniejące w opokach i marglach górnokredowych, a prędkość przepływu wody zależna jest od stopnia ich rozwarcia. W dolinie Bystrej współczynnik filtracji utrzymuje się w granicach 10–50 m/d, natomiast w strefach słabo uszczelinionych wierzchowin i towarzyszących im działów wodnych nie osiąga 1 m/d. Wydajności całkowite studni wierconych w dolinie rzecznej przekraczają najczęściej 80 m³/h i osiągnięte są przy niewielkiej depresji. Natomiast w oddalonych od rzeki obszarach wierzchowinowych wydajność studni wierconych, osiągnięta przy dużych depresjach, wynosi od 9 do 50 m³/h. Zatem zasobność wodna terenu, oceniana wydajnością jednostkową studni wierconych, obniża się wraz z oddalaniem się od rzek i innych drenujących stref tektonicznych. Bardzo wyraźnie zróżnicowanie zasobności wodnej potwierdza rozmieszczenie i wydajność źródeł oraz spadki hydrauliczne. W strefie dolin rzecznych gradienty hydrauliczne są małe, co świadczy o dobrych warunkach przepływu wody w rozwartych szczelinach. Natomiast w obszarach wierzchowinowych spadki zwierciadła wody zwiększają się, co wskazuje na gorsze warunki jej przepływu, a przejawia się w niskich wydajnościach studni wierconych. W całym dorzeczu Bystrej zarejestrowano 67 czynnych źródeł (Burlikowska 1993). Najczęściej spotyka się szczelinowe źródła podboczowe, z licznymi wypływami w obrębie jednej niszy głównej.

Warunki do uzupełniania zasobów wód podziemnych – mimo urozmaiconej rzeźby terenu – są dobre. Z powodu braku punktów obserwacyjnych w rejonie Wąwolnicy ocenę składowych bilansu wodnego wykonano metodą zaproponowaną przez Michalczyka (1986). Średnie roczne zasilanie atmosferyczne, obliczone ze średniej wysokości terenu, wynosi 601 mm. Wskaźnik odpływu obliczony został jako 131 mm, z tego na zasilanie podziemne przypada 106 mm, a na spływ powierzchniowy 25 mm. Podane wartości są bardzo zbliżone do wielkości notowanych w stacjach IMiGW. Średnie opady atmosferyczne z okresu 1951–2000 – na stacjach położonych w sąsiedztwie Wąwolnicy – miały następujące wielkości: Czesławice 602 mm, Kępa 603 mm, Lublin Radawiec 580 mm. Średni odpływ ze zlewni Bystrej do Wierzchoniowa w latach 1960–1990 miał wartość 133 mm. Z podanych wielkości wynika, że na parowanie terenowe pozostaje 470 mm. Jest to wielkość bardzo zbliżona do parowania obliczonego metodą Konstantinowa dla stacji Lublin Radawiec wynoszącego 472 mm.

ŹRÓDŁA OKOLIC WĄWOLNICY

W rejonie Wąwolnicy istnieje kilkanaście źródeł o różnej wydajności. Najwydajniejsze z nich odprowadzają wodę wydobywającą się bezpośrednio ze szczelin skał kredowych (Michalczyk 1993). Natomiast wypływy o niewielkiej wydajności zasilane mogą być z czwartorzędowego piętra wodonośnego. Lokalizacja najwydajniejszych źródeł nawiązuje do tektoniki skał kredowych. Również doliny boczne, o kierunku północno-wschodnim uchodzące do Bystrej, zachowują kierunek spękań tektonicznych. Ten kierunek spękań znajduje potwierdzenie na mapie fotolineamentów satelitarnych zachodniej części Wyżyny Lubelskiej opracowanej w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Instytutu Geologicznego w Warszawie przez dr Piątkowską (Paszczyk i in. 1993). Z układem lineamentów wyraźnie wiąże się również wydajność źródeł. Najwydajniejsze wypływy znajdują się na obszarach stref nieciągłości tektonicznych (ukośnego krzyżowania się lineamentów). Należą do nich bardzo wydajne źródła w Wąwolnicy i w sąsiednim Rogalowie oraz w nieco dalej położonym Celejowie (ryc. 1, 2). W dniach 3–4 lipca 1996 roku pracownicy Zakładu Hydrografii zarejestrowali na terenie gminy Wąwolnica 12 źródeł, których sumaryczna wydajność wynosiła 334,1 l/s. W okresie pomiarów źródeł przepływ rzeki na odcinku istnienia źródeł w rejonie Wąwolnicy zwiększył się o 472,7 l/s. Część wody podziemnej zapewne docierała do koryta rzeki – przez ewentualne nierozpoznane źródła lub bezpośredni drenaż korytowy. Zarejestrowana wydajność źródeł stanowiła zatem prawie 71% przyrostu przepływu. Należy podkreślić, że jednocześnie źródła te dostarczały 41,5% całkowitego odpływu ze zlewni. Duży udział wód podziemnych i źródłanych w odpływie z dorzecza Bystrej znajduje potwierdzenie w wielu opracowaniach (Michalczyk, Wojciechowski 1981; Michalczyk 1986; Burlikowska 1993).

W Wąwolnicy, w promieniu 1,3 km istnieją cztery źródła podzboczowe (ryc. 2). Dwa z nich wypływają u podnóża prawego zbocza doliny Bystrej, a pozostałe dwa w dużej bocznej dolinie: jedno w pobliżu jej wylotu, a drugie (okresowe) w odległości około 1,5 km od wylotu doliny. Są to descenzyjne wypływy szczelinowe, usytuowane pod stromymi zboczami, w wyraźnie wykształconych niszach. Najwydajniejsze ze źródeł znajduje się w centrum Wąwolnicy, a trzy pozostałe na jej peryferiach. Źródła zasilane są ze szczelinowo-porowych warstw wodonośnych, w których drogi krążenia są warunkowane układem systemu szczelin. Utrudnia to jednoznaczne wyznaczenie obszarów zasilania źródeł. Można jedynie na podstawie map hydrogeologicznych i regionalnego odpływu podziemnego wskazać hipotetyczny obszar zlewni zasilającej dane źródło.

Najwydajniejsze źródło w Wąwolnicy (155 m n.p.m.) znajduje się pod zboczem Zamkowej Góry (ryc. 2), izolowanego wzniesienia zbudowanego

Ryc. 2. Rzeźba terenu i rozmieszczenie źródeł w rejonie Wąwolnicy
Surface relief and distribution of springs in the area of Wąwolnica

z opok kredowych i nadbudowanego grubą warstwą lessów, na którym jest wybudowany kościół i kaplica z figurą Matki Bożej Kębelskiej (słynąc z cudów). Woda na powierzchnię wydostaje się u podnóża stromej skarpy lessowej, bezpośrednio szczelinami spękanych opok lub przez warstwę piasku i namulów lessowych, wyścielających dno niszy źródłiskowej (Michalczyk 1996b). W niszy źródlanej o długości 40 m znajduje się około 30 wypływów szczelinowych. Zachodnia jej część jest obudowana – przystosowana do korzystania z wody przez pątników i miejscową ludność. Zdaniem ludności, wypływ ten zaliczany jest do tzw. „świętych źródeł”, z których woda ma cudowną moc uzdrawiania. Ten charakter źródła podkreśla, wymurowana na stromym zboczu lessowym około 5 m nad wodą, kapliczka z figurką Matki Bożej Kębelskiej (Wiśniewski 1998). Woda z niszy źródlanej przepływa dwoma przepustami pod szosą i dalej tworzy strugę o długości 800 m uchodzącą do Bystrej. Około 2 m poniżej przepustu zainstalowany jest wodowskaz założony przez IMiGW, wykorzystywany okresowo. Wydajność źródła zmieniała się w latach 1946–2001 w granicach od 50 do 160 l/s.

Około 1,35 km powyżej głównego źródła, pod prawym zboczem suchej doliny w miejscowości Kębło (ryc. 2) okresowo pojawiają się wypływy szczelinowe (161,3 m n.p.m.). W ostatnich dziesięcioleciach wypływy te funkcjonowały w latach 1980–1982, wczesną wiosną 1996 roku (przez 1,5 miesiąca) oraz w okresie 1999–2001. Na początku lata 2000 roku ich wydajność osiągała 80 l/s, a w kwietniu 2001 roku obniżyła się do 5 l/s. Woda wydobywa się ze szczelin w opokach, występujących na długości 30 m w niszy źródlanej istniejącej między zboczem i torem kolejki wąskotorowej. Woda z niszy przepływa przepustami pod torem i szosą, a następnie rozlewa się na łąkach i płynie wieloma strugami w obrębie dna doliny. Zdaniem ludności źródła te pojawiają się okresowo, co 7–8 lat. W pierwszych miesiącach 2001 roku źródło wykazywało bardzo znaczne zmniejszenie wydajności.

W miejscowości Wąwolnica Zarzeka, około 1,1 km od źródła głównego (ryc. 2), znajduje się źródłisko (158,5 m n.p.m.) złożone z czterech niewielkich nisz rozmieszczonych linijnie na odcinku około 30 m, z licznymi stałymi lub okresowymi wypływami szczelinowymi i pulsującymi. Woda jest odprowadzana skoncentrowanym strumieniem o dnie wyłożonym gruzem ze skał kredowych. Część wypływów oddaje wodę bezpośrednio do rzeki (Michalczyk 1996b). Nisza źródłana i przyległy podmokły teren porastają zarośla olsu, wierzb oraz turzyce i pokrzywy. Wydajność źródła zmienia się w granicach od 10 do 30 l/s.

W Rogalowie, około 1,0 km poniżej Wąwolnicy (ryc. 2), znajduje się źródło o wydajności od 20 do 90 l/s. Woda wydostaje się bezpośrednio z kilkunastu szczelin w opokach kredowych (153,5 m n.p.m.). Poniżej niszy źródlanej tworzy się niewielkie rozlewisko, z którego woda odprowadzana jest do Bystrzej.

Wody źródeł w Wąwolnicy, podobnie jak i wody podziemne poziomu kredowego, cechują się wysoką jakością. Są one bezbarwne o temperaturze około 9,0°C, bez zapachu, o dużej przezroczystości, podwyższonej twardości, o słabo alkalicznym odczynie oraz o nieznacznym zanieczyszczeniu substancjami organicznymi (Michalczyk 1996b). Ogólna mineralizacja wód źródłanych utrzymuje się na poziomie około 600 mg/l. W składzie chemicznym dominują jony HCO_3^- i Ca^{2+} ; stanowią po około 84% sum milivali anionów i kationów. Woda odznacza się niskim stężeniem chlorków, azotanów, sodu i potasu oraz okresowo podwyższonymi ilościami fosforanów i siarczanów. Bakteriologicznie woda jest dostatecznie czysta. Skład chemiczny wód świadczy o niewielkim stopniu antropopresji.

WYDAJNOŚĆ ŹRÓDŁA W WĄWOLNICY

Pomiary wydajności źródła w Wawolnicy rozpoczęte zostały w 1946 roku przez Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny (przekształcony później w Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej). Poniżej odpływu ze źródła został założony wodowskaz, na którym w tym samym roku rozpoczęto cotygodniowe pomiary stanów wód podziemnych w studni kopanej zlokalizowanej kilkaset metrów od źródła, ujmującej wody krążące w opokach i marglach mastrychtu. Zestawienie liczbowe miesięcznych wydajności źródła zawarte zostało w opracowaniu podsumowującym stan pomiarów źródeł w Polsce (Czarnecka 1965). W oparciu o kilkunastoletnią serię wydajności źródeł Dębski (1965) wysunął koncepcję zasilania tego wypływu przez wody pochodzące z dorzecza Łabuńki lub sąsiednich zlewni zbudowanych ze skał kredowych. Na podstawie porównania reżimu wydajności źródeł i opadu został oszacowany czas dopływu wody na 108–129 lat.

Od 1965 roku, niezależnie od pomiarów IMiGW, pracownicy i studenci Zakładu Hydrografii UMCS wykonywali okresowe pomiary wydajności oraz cech fizycznych i chemicznych wód tego źródła. Na bazie rocznych serii pomiarowych powstały dwie prace magisterskie dotyczące zmian wydajności i właściwości fizyczno-chemicznych wody źródlanej (Staniak 1980; Flaga 1999). Pomiary wydajności wykonane zostały przy opracowaniu monografii źródeł zachodniej części Wyżyny Lubelskiej i źródeł województwa lubelskiego (Michalczyk 1993, 1996b).

Intensywność badań hydrologicznych źródeł w Wawolnicy była zmienna. Dane za pierwsze lata obserwacji jako miesięczne wydajności źródła – od maja 1946 roku do końca 1963 roku – zamieszczone są w opracowaniu wykonanym w IMiGW (Czarnecka 1965). Za okres 1963–1970 dostępne są wyniki pomiarów wydajności źródeł (1–2 razy w miesiącu), realizowane w ramach założonej sieci badawczej IMiGW. W latach 1971–1983 roku miesięczne wydajności źródła sporządzone zostały na podstawie dobowych odczytów stanów wody i okresowych pomiarów źródła, wykonywanych głównie przez IMiGW (Roczniki stanów wód podziemnych). W latach 1984–1991 pomiary wydajności źródła przez IMiGW wykonywane były coraz rzadziej, najczęściej 6–8 razy w roku. Za ostatnie dziesięciolecie dysponujemy tylko materiałami własnymi Zakładu Hydrografii UMCS, pojedynczymi w roku pomiarami wydajności oraz dwoma seriami rocznych comiesięcznych pomiarów źródła. Na podstawie dobowych lub tygodniowych stanów wód i okresowych pomiarów wydajności źródeł obliczono ilość odpływającej wody. Dane te posłużyły do oceny średnich miesięcznych wydajności źródła.

Zebrane wyniki pomiarów IMiGW oraz własne materiały były szczegółowo analizowane i weryfikowane. Przy tej ocenie zwracano szczególną uwagę

na zmienność wydajności źródła z pomiaru na pomiar oraz na położenie zwierciadła wód podziemnych. Niejednokrotnie zebrane wyniki pomiarów wskazywały na gwałtowne przejścia z maksymalnych do minimalnych wydajności, czego w innych źródłach Wyżyny Lubelskiej nie obserwowano. Należy jednoznacznie podkreślić, że w okresach wieloletnich codziennych odczytów stanów wody odpływającej ze źródła nie stwierdzano gwałtownych zmian położenia zwierciadła wody. Tylko w wyjątkowych sytuacjach, np. po oczyszczeniu intensywnie zarastającego strumienia odprowadzającego wodę ze źródła, stwierdzano większe obniżenie stanów wody.

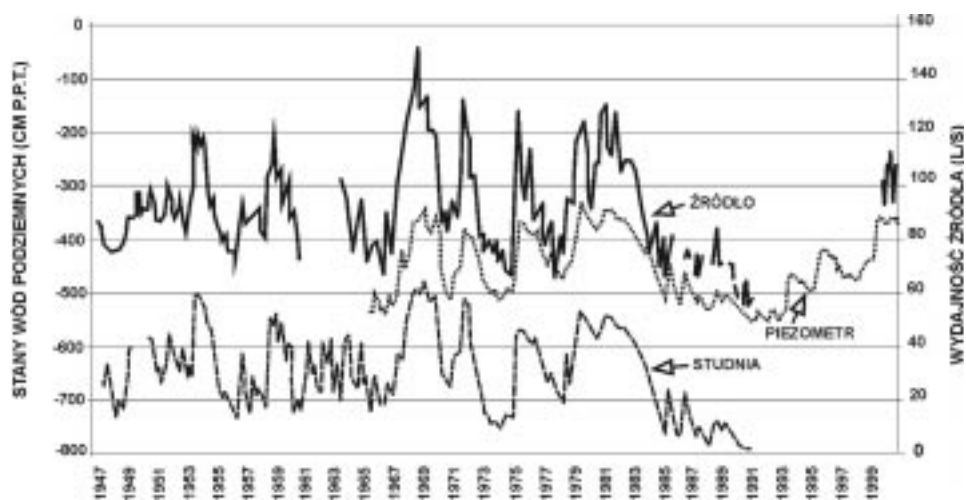
Bardzo pomocne przy ocenie wiarygodności materiałów hydrometrycznych, czyli poprawności wykonanych pomiarów wydajności źródła, okazały się cotygodniowe notowania stanów wód podziemnych w studni kopanej i w piezometrze w Wąwolnicy, należących do sieci obserwacyjnej IMiGW (Roczniki hydrologiczne wód podziemnych). Obserwacje stanów wody w studni kopanej wykonywane były w latach 1946–1990, a w piezometrze w okresie 1964–2000. Innym dobrym wskaźnikiem wskaźnikiem ogólnej zasobności wodnej były przepływy Bystrej – szczególnie w okresach bezdeszczowych – obliczone przez IMiGW dla profilu w Wierzchoniowie. Zmiany stanów i zasobów wód podziemnych oraz przepływów Bystrej i wydajności źródeł były synchroniczne. Na ryc. 3 zamieszczono cotygodniowe stany Bystrej w Wierzchoniowie, wydajności

Ryc. 3. Tygodniowe stany wody Bystrej w Wierzchoniowie oraz wód podziemnych i źródła w Wąwolnicy w latach 1978–1979
Weekly water levels in the Bystra River in Wierzchoniów and groundwater levels and Wąwolnica springs between 1978–1979

źródła oraz stany wód podziemnych w studni i piezometrze w Wąwolnicy. Poza okresami wezbrań widoczne są w latach 1978–1979 proste współzależności między wspomnianymi trzema parametrami (ryc. 3). Wzrost stanów wód podziemnych następuje stosunkowo powoli, systematycznie w dłuższym okresie. Podobnie równomiernie obniża się położenie zwierciadła wody. Zmiany te wywołują zwiększanie się wydajności źródeł i przyrost ilości wody docierającej do Bystrej z zasobów podziemnych piętra kredowego (odpływ podziemny ze zlewni). W dynamice stanów wód podziemnych i powierzchniowych, w źródłach i rzece (poza okresami spływów powierzchniowych) widoczna jest duża stabilność zasobów wodnych, wskazująca na długookresowe i zrównoważone zasilanie przez wody podziemne. Zmiany stanów wody, odnoszące się do zasilania podziemnego, zarówno w okresie wzrostu zasobów, jak i ich zczytywania, są niewielkie.

Zarówno stany wody w studni, jak i w piezometrze określają dynamikę kredowego zwierciadła wody. Są to punkty obserwacyjne zlokalizowane w sąsiedztwie badanego źródła, dokumentujące zmiany zasobności wodnej, a więc odzwierciedlające również jego wydajność. Z zamieszczonego wykresu (ryc. 3) wynika zgodność rytmu zmian stanów wód podziemnych i źródłanych, co jednocześnie wskazuje na możliwość uzupełniania brakujących danych wydajności źródeł na podstawie stanów wód podziemnych.

Zweryfikowane wyniki pomiarów, zestawione jako serie pomiarowe miesięcznych wydajności źródeł i średnie miesięczne stany wód podziemnych w studni i piezometrze, zamieszczono na ryc. 4. Przebieg i układ linii wskazują



Ryc. 4. Miesięczne wydajności źródła i stany wód podziemnych w stacjach IMiGW w Wąwolnicy
Monthly spring yields and groundwater levels in IMiGW stations in Wąwolnica

w okresie wielolecia na dużą zgodność rytmu zmian wydajności i stanów wody podziemnej. Terminy pojawiania się wysokich i niskich wydajności pokrywają się. Jako najzasobniejszy w wodę okres można wskazać lata 1967–1982 oraz ostatnie lata ubiegłego wieku. Natomiast okres 1986–1993 charakteryzuje się małą zasobnością, na co wskazują niskie stany wód podziemnych i małe wydajności źródeł.

Podobny rytm wahań stanów wód podziemnych i wydajności źródeł skłania do poszukiwania zależności funkcyjnej między obiema wartościami. Współczynnik korelacji między zmianami stanów wód podziemnych w studni i wydajnością źródła wynosił 0,91, a między parą wartości piezometr–źródło 0,81. Niestety, obserwacje studni w Wąwolnicy zostały przerwane w 1990 roku, zatem za ostatnie dziesięciolecie dostępne były tylko stany wody mierzone w piezometrze. Ryc. 5 przedstawia związek stanów wody w studni i wydajności źródła. Zamieszczone równanie umożliwia obliczanie wydajności ze stanów wód podziemnych. Podobne ustalenia zostały dokonane dla stanów wody w piezometrze i wydajności źródła.

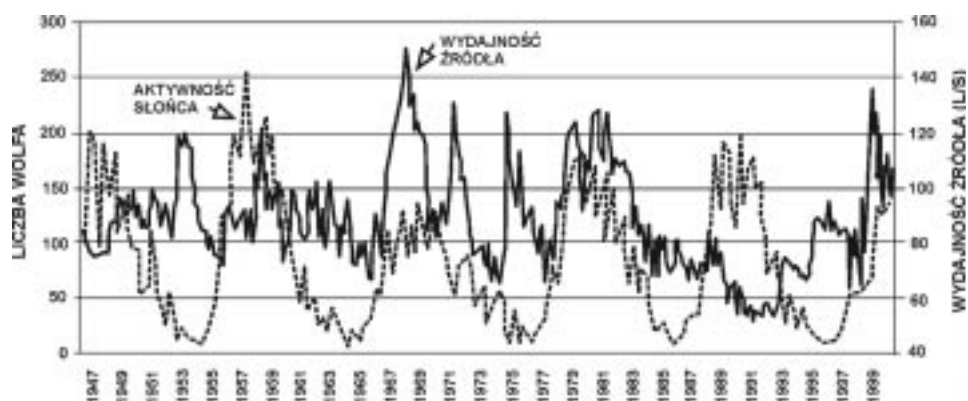
Ryc. 5. Związek wydajności źródła i stanów wód podziemnych w studni w Wąwolnicy (na podstawie danych IMiGW i Zakładu Hydrografii UMCS)

Relation between spring yield and groundwater levels in the Wąwolnica well (data of the IMiGW and Department of Hydrography UMCS)

Na podstawie ustalonych relacji między stanami wód podziemnych i wydajnością źródła uzupełniono serie pomiarowe dotyczące ilości wypływającej wody podziemnej. Przyjęto zasadę, że istniejący pomiar wydajności przedstawia rzeczywistą ilość wydobywającej się wody podziemnej w niszy źródła. Uzyskane miesięczne wartości wydatku źródła zamieszczono na ryc. 6. Na podstawie okresowo prowadzonej, szczegółowej analizy zmienności wydajności źródła można oceniać, że dobowe minimalne wydajności mogły być około 1 l/s niższe, a maksymalne około 10 l/s wyższe od średnich wartości miesięcznych podanych na ryc. 6 i w zestawieniu tabelarycznym (tab. 1).

Tab. 1. Charakterystyczne roczne wydajności źródła w Wąwolnicy
Characteristic annual spring yields in Wąwolnica

Rok	Średnia	Minimalna	Maksymalna	Rok	Średnia	Minimalna	Maksymalna
1947	77,9	75	85	1976	93,6	85	113
1948	78,9	76	88	1977	78,2	65	87
1949	90,4	87	97	1978	85,4	74	97
1950	91,1	85	99	1979	114,9	94	124
1951	91,1	85	100	1980	106,9	91	126
1952	88,9	81	94	1981	120,4	102	130
1953	109,4	72	119	1982	109,7	100	115
1954	97,5	80	114	1983	97,6	81	110
1955	79,3	75	84	1984	78,8	66	87
1956	82,2	71	94	1985	74,6	67	82
1957	86,5	79	92	1986	73,8	68	81
1958	98,1	78	120	1987	69,0	66	74
1959	97,4	83	106	1988	72,4	67	84
1960	81,5	72	89	1989	71,4	62	82
1961	87,3	81	100	1990	63,5	57	69
1962	93,9	81	102	1991	54,6	51	57
1963	89,8	78	102	1992	55,2	53	58
1964	83,7	75	95	1993	66,3	55	75
1965	75,3	71	80	1994	69,9	67	72
1966	77,6	66	90	1995	77,7	67	89
1967	111,9	90	127	1996	89,0	84	103
1968	134,6	83	151	1997	84,3	83	88
1969	117,1	82	133	1998	77,8	63	96
1970	86,6	80	95	1999	108,7	77	135
1971	104,6	81	131	2000	100,3	75	112
1972	94,4	80	111	1947–2000			
1973	76,3	71	79	średnia	87,9	83,0	90,0
1974	69,3	65	75	maksimum	134,6	102,0	151,0
1975	101,2	78	127	minimum	54,6	51,0	57,0
				roczne			
				roczne			

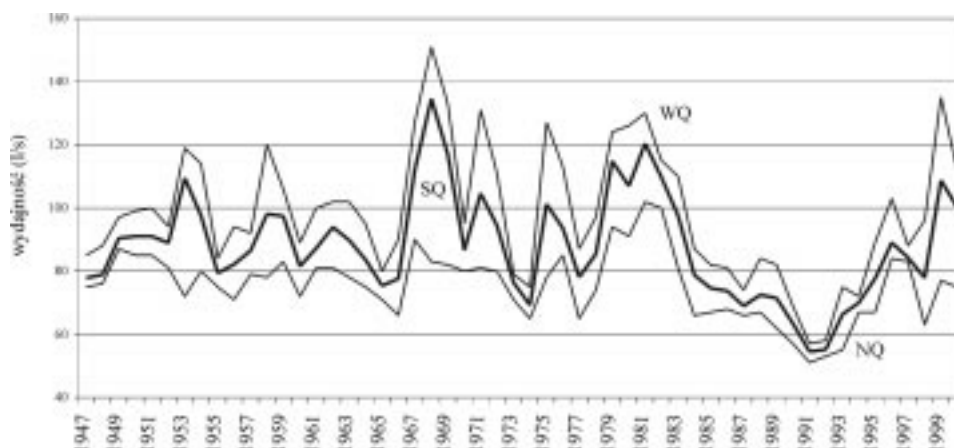


Ryc. 6. Miesięczne wydajności źródła i aktywność słoneczna w latach 1946–2000
Monthly spring yields and solar activity between 1946–2000

Wydajność źródła w Wąwolnicy zmienia się w rytmie wieloletnim, na który nałożone są wahania sezonowe. Początek serii pomiarowej (ryc. 6) przypada na okres stosunkowo niewielkich wahań wydatku źródła, nawiązujących do sezonowych okresów nadmiarów i niedoborów wody. Po okresowym minimum wydajności w 1965 roku nastąpił dość szybki przyrost wydatku, do maksymalnych wartości notowanych w latach 1967–1968. W latach 1970–1982 zaznaczyły się trzykrotne wzrosty wydatku, ale nie tak znaczne jak w 1967 roku. Po 1982 roku rejestrowano stałe zmniejszanie zasobności wodnej, przejawiające się obniżaniem stanów wody podziemnej i wydajności źródeł (ryc. 4), a także ponownie wyraźnie zaczął zaznaczać się sezonowy rytm zmienności wydatku źródła. Minimum zasobów przypada na lata 1991–1992, poprzedzone bardzo niskimi opadami atmosferycznymi, szczególnie w półroczu zimowym. Od 1993 roku następowało powolne odbudowywanie zasobów wód podziemnych, z maksimum stanów przypadającym na lata 1999–2000. Wydajności źródła w tym roku nie osiągnęły bardzo wysokich wartości, tak jak to było stwierdzane w całym wyżynnym regionie Lubelszczyzny. Prawdopodobnie było to spowodowane uruchomieniem się źródła okresowego w Kęble, istniejącego w tej samej suchej dolinie. Nie można dokładnie powiązać stanów wód podziemnych rejestrowanych w piezometrze Wąwolnica z okresem pojawiania się tego wypływu. Być może, po zebraniu pełniejszego materiału problem okresowego funkcjonowania źródła w Kęble będzie łatwiejszy do wyjaśnienia. Charakterystyczne roczne wydajności źródła zestawiono w tab. 1 oraz na ryc. 7.

W latach 1947–2000 średnia wydajność źródła w Wąwolnicy wynosiła 87,9 l/s. Minimalna wydajność źródła to 50,0 l/s, a maksymalna 160,0 l/s. Jest to więc źródło o małej zmienności, gdyż współczynnik nieregularności wydatku

niewiele przekracza 3. Na dużą stabilność wydajności wskazują niewielkie różnice między średnimi i skrajnymi rocznymi wydatkami źródła. Minimalna średnia roczna wydajność wynosiła 54,6 l/s, a maksymalna 134,6 l/s. Jeszcze mniejsza jest różnica w wartościach minimalnych, które w serii najniższych wydatków miały wartość 51 l/s, a najwyższych tylko 57 l/s.



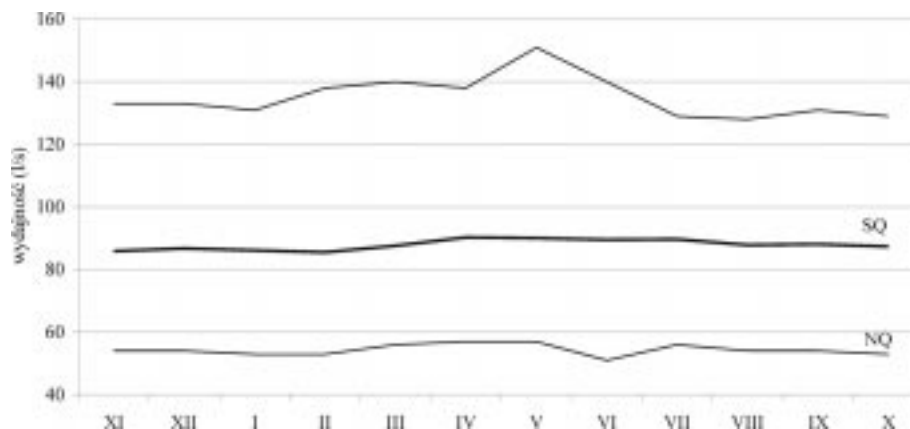
Ryc. 7. Charakterystyczne roczne wydajności źródła w Wąwolnicy; wydajność roczna: SQ – średnia, WQ – maksymalna, NQ – minimalna

Characteristic annual spring yields in Wąwolnica; annual yields: SQ – mean, WQ – maximum, NQ – minimum value

Mimo bardzo wyraźnych zmian wieloletnich nie stwierdza się istotnych zmian sezonowych w przypadku wydajności maksymalnych, średnich czy minimalnych (ryc. 8). Wynika to z różnych terminów pojawiania się skrajnych wydatków źródła, co jest charakterystyczne dla wieloletniego rytmu wahań. W takim rytmie maksymalne lub minimalne stany mogą wystąpić w pierwszym lub ostatnim miesiącu roku. Pojawianie się stanów charakterystycznych w różnych miesiącach sprawia, że zmienność sezonowa jest tylko słabo zaznaczona. Czas reakcji źródła na zasilanie jest zmienny, co wynika ze stanu zasobów wodnych strefy aeracji i saturacji oraz charakteru opadów. Zaznaczają się podwyższone wielkości średnich w okresie od kwietnia do lipca oraz obniżone od listopada do lutego (ryc. 8). Najwyższe maksymalne miesięczne wydajności występują w maju. W następnych miesiącach widoczny jest spadek, do najniższych wartości w sierpniu. Minimalne przepływy są wyrównane w całym roku.

Długi okres obserwacji źródeł umożliwia poszukiwanie przyczyn zmian ich wydajności. Dysponując 55-letnimi obserwacjami wydajności źródła w Wąwolnicy przeprowadzono wstępną analizę zmian zasobów wodnych na tle zmieniającej się aktywności słonecznej, wyrażanej liczbą Wolfa. Wzajemne związki

obu parametrów są wyraźne (ryc. 6). Okres obserwacji 1946–2000 objął cztery pełne cykle słoneczne, numerowane zgodnie ze standardami światowymi jako: 19, 20, 21 i 22 oraz część cyklu 18 i współczesny cykl 23.



Ryc. 8. Średnie i skrajne miesięczne wydajności źródła w latach 1947–2000; wydajność miesięczna: WQ – maksymalna, SQ – średnia, NQ – minimalna
Mean and extreme monthly yield values between 1947–2000; monthly yields: WQ – maximum, SQ – mean, NQ – minimum value

Niskiej aktywności Słońca w latach 1953–1954, 1974–1975, 1996–1997 odpowiadała wysoka wydajność źródła. Zatem taki układ powtarzał się ze średnią częstotliwością co 21 lat. Również co 21 lat, ale w fazie przesuniętej o jeden cykl, niska aktywność słoneczna wiązała się z niewielkimi wydajnościami źródeł (1964–1965 i 1985–1986). Największe wydajności (ponad 120 l/s) źródło osiągało w fazie maksimum pojawiania się plam słonecznych, w cyklach 19, 20 i 21. W tym miejscu należy zwrócić uwagę, iż w trakcie kulminacji aktywności słonecznej cyklu 18 – rok 1947 i cyklu 22 – rok 1991 wystąpiły z kolei niskie wydajności źródła. Dlatego można wnioskować, że mniej więcej co 43 lata ilość wypływającej wody, a tym samym zasoby wodne są odwrotnie proporcjonalne do dużej aktywności słonecznej.

Uzyskane wyniki nawiązują do badań związków wahań zwierciadła wód podziemnych z aktywnością Słońca (Małecka 1974). Zdaniem autorki, wysokie stany wiosenne w latach 1965–1970 wiązały się z małą aktywnością słoneczną, natomiast stanom niskim odpowiadała wzmożona aktywność. W około 11-letnich cyklach (minimum, maksimum) aktywność Słońca wywołuje zmiany klimatyczne, a te z kolei oddziałują na hydrosferę (Boryczka 1998; Gutry-Korycka, Boryczka 1993). Obserwacje stanów wód podziemnych i źródeł w Wąwolnicy wyraźnie potwierdzają wpływ czynnika solarnego na reżim zasobów wodnych.

PODSUMOWANIE

Źródło wypływające pod stromym zboczem w centrum Wąwolnicy należy do jednego z najwydajniejszych wypływów na Wyżynie Lubelskiej. Ma ono najdłuższą na Lubelszczyźnie serię danych hydrometrycznych – o różnym stopniu dokładności – obejmującą lata 1946–2000. Do jej zestawienia wykorzystano wszystkie dostępne pomiary wykonane przez pracowników i studentów Zakładu Hydrografii UMCS oraz służby obserwacyjne i pracowników IMiGW. Średnia wydajność źródła wynosi około 90 l/s, a skrajne jego wydatki zmieniają się od 50 do 160 l/s. Współczynnik nieregularności wydajności źródła nieznacznie przekracza 3, co świadczy o małej zmienności ilości wypływającej wody. Źródło wykazuje wieloletni rytm zmian wydajności, wyraźnie nawiązujący do wahań zasobności wód podziemnych i aktywności Słońca. Najwyższe wydajności źródła notowano w latach 1967–1968, 1975, 1980–1981 i 1999. Natomiast zdecydowanie najmniejsze zasoby wód podziemnych wystąpiły w latach 1990–1992. Dość długi okres niskich wydajności źródeł zadecydował o ogólnej spadkowej tendencji wydatku źródła, mimo zdecydowanego wzrostu wydajności źródła w ostatnim dziesięcioleciu. Zmienność sezonowa zaznacza się słabo, gdyż w ciągu roku stwierdza się niezwykle duże wyrównanie wydajności, co wynika z pojawiania się skrajnych wartości w różnych miesiącach. Ze względu na wysokie walory przyrodnicze, krajobrazowe i kulturowe źródło i jego nisza powinny być objęte ochroną prawną.

LITERATURA

- Boryczka J. 1998: Zmiany klimatu Ziemi. Wyd. Akad. Dialog, Warszawa.
- Burlikowska I. 1993: Źródła w dorzeczu Bystrej. [W:] Źródła zachodniej części Wyżyny Lubelskiej, red. Z. Michalczyk, Wyd. UMCS, Lublin.
- Czarnecka H. 1965: Obserwacje i pomiary źródeł. Prace i Studia Kom. Inż. i Gosp. Wodnej, t. VII, Warszawa: 215–221.
- Dębski K. 1965: Próba określenia wieku wody źródła zmiennego na zasadzie obserwacji opadów. Prace i Studia Kom. Inż. i Gosp. Wodnej, t. VI, Warszawa: 222–240.
- Dobrzyński S. 1896: Przyczynek do wyjaśnienia sposobu powstania źródeł żelazistych w okolicach Lublina. Pamiętnik Fizjograficzny XIV, dz. 2, Warszawa: 13–15.
- Flaga M. 1999: Reżim źródeł w Wąwolnicy. Maszynopis Zakładu Hydrografii UMCS.
- Gutry-Korycka M., Boryczka J. 1993: Długookresowe fluktuacje elementów obiegu wody. [W:] Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych, red. I. Dynowska. Kraków: 275–298.
- Harasimiuk M. 1980: Rzeźba strukturalna Wyżyny Lubelskiej i Roztocza. Wyd. UMCS, Lublin.

- Harasimiuk M., Henkiel A. 1976: Osobliwości pokrywy lessowej zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego. Z badań czwartorzędu w Polsce, t. 8, Warszawa.
<http://science.nasa.gov/ssl/pad/solar/>.
<http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/SSN/ssn.html>.
<http://www.oma.be/KSB-ORB/SIDC/>.
- Małecka D. 1974: Trial use of variance analysis for determining the course of variability in groundwater-table fluctuations., *Biul. Geol.*, t. 16. Wyd. Uniw. Warsz., Warszawa: 111–136.
- Michalczyk Z. 1986: Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Roztocza. Wyd. UMCS Lublin.
- Michalczyk Z. (red.) 1993: Źródła zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Wyd. UMCS, Lublin.
- Michalczyk Z. (red.) 1996a: Źródła Roztocza. Monografia hydrograficzna. Wyd. UMCS, Lublin.
- Michalczyk Z. (red.) 1996b: Źródła województwa lubelskiego. Wydajność i parametry fizykochemiczne w 1996. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Lublin: 1–238.
- Michalczyk Z. (red.) 2001: Źródła Wyżyny Lubelskiej i Roztocza. Wyd. UMCS, Lublin.
- Michalczyk Z., Wojciechowski K. 1981: Stosunki wodne Kazimierskiego Parku Krajobrazowego. Raporty i Opinie PAN, Oddział w Krakowie, z. 10.
- Paszczuk J., Michalczyk Z., Piątkowska A. 1993: Tektoniczne uwarunkowania występowania źródeł. [W:] Źródła zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Wyd. UMCS, Lublin.
- Rederowa E. 1971: Występowanie źródeł na Wyżynie Lubelskiej i w obszarach przyległych. *Przegl. Geogr.* XLIII, 3: 355–360.
- Roczniki hydrologiczne wód podziemnych. Wyd. IMiGW, Warszawa.
- Sadurska E. 1980: Charakterystyka fizjograficzna dorzecza Bystrej. IUNG, Puławy.
- Staniak L. 1980: Ocena zmienności właściwości fizykochemicznych wody źródeł w Wąwolnicy. Maszynopis Zakładu Hydrografii UMCS.
- Wilgat T. 1968: Przeglądowa mapa hydrogeograficzna województwa lubelskiego. *Ann. UMCS*, sec. B, 20: 223–242.
- Wiśniewski M. W. 1998: Lecznice źródła w miejscach sakralnych. Wyd. Inst. Teologiczny Księży Misjonarzy, Kraków: 1–184.

SUMMARY

The Lublin region is characterised by the occurrence of a considerable number of springs, most of them situated in river valleys. They are mainly supplied by waters circulating in chalk rocks. The paper presents findings on the yield of springs in Wąwolnica and examines in detail the most productive of them. In order to compile the characteristics, data concerning spring yields from the period of 1946–2000 as well as groundwater levels were compared, collected in the field by scientists from the Department of Hydrography and in the Institute of Meteorology and Water Management (IMiGW) – in the form of published or archive materials. Yield measurements were taken with varying frequency and the amount of outflow was evaluated on the basis

of water-gauge observations. All the collected data on spring yield were verified, mainly by means of measuring the groundwater levels. After a significant congruity between groundwater levels and the amount of outflow was established, the measurement series of the springs was supplemented with the missing data. As a result, information was obtained on changes in spring yield in Wąwolnica over the last 55 years. Mean yield of a spring amounts to almost 90 l/s, and its extreme values range from 50 to 160 l/s. A spring reveals a multi-annual rhythm of yield changes, which is clearly linked to the fluctuations of groundwater supply and to solar activity.