

Wpływ budowy geologicznej na zróżnicowanie zasobności wodnej w rejonie Roztoczańskiego Parku Narodowego

Stefan Bartoszewski*

Głównym czynnikiem określającym zróżnicowanie zasobności wodnej rejonu Roztoczańskiego Parku Narodowego jest tektonika. Mniejsze znaczenie odgrywa litologiczne zróżnicowanie warstwy wodonośnej. Doliny rzeczne, założone na liniach dyslokacji pełnią rolę kolektorową w stosunku do wód podziemnych. Poszczególne odcinki dolin mają jednak odmienne warunki migracji wód podziemnych, co dokumentują zróżnicowane współczynniki filtracji i wydajności jednostkowych studni głębinowych. Największą zasobnością wodną wyróżniają się strefy występowania dyslokacji poprzecznych do osi Roztocza, szczególnie w rejonie Zwierzynica i Jacnia.

Słowa kluczowe: warunki hydrogeologiczne, wodonośność, zasoby wodne, tektonika, Roztoczański Park Narodowy

Stefan Bartoszewski — **Geological structure influence upon the variety of the water resources in the Roztocze National Park, SE Poland.** Prz. Geol. 46: 861–864.

Summary. The main factor which describes differences in water resources of the Roztocze National Park is tectonics. Lithological variety of the multiaquifer formation is less important. River valleys situated on the dislocation lines are reservoirs for groundwater. However, various parts of the valleys are characterized by different conditions of the groundwater circulation documented by coefficient of permeability and unit discharge of deep wells. The biggest water resources it related to the dislocation zones situated on the lateral axis of the Roztocze region, especially in the Zwierzyniec and Jacnia areas.

Key words: water resources, water regimes, multiaquifer formation, tectonic controls, Roztocze National Park, Poland

Roztoczański Park Narodowy (RPN) obejmuje powierzchnię 8482 ha, a jego strefa ochronna 38 096 ha (Ochrona ..., 1997). W samym parku powierzchnie wodne zajmują tylko 53 ha (0,62% całości). Wielkość ta nie odzwierciedla wielkiej roli jaką odgrywa tu woda w środowisku przyrodniczym oraz zasobności wodnej większej niż w obszarach sąsiednich.

Charakter występowania i krążenia wód w rejonie RPN jest kształtowany przez wiele wzajemnie powiązanych komponentów środowiska geograficznego. Cechuje się on dużym zróżnicowaniem hipsometrycznym, wynikającym z budowy geologicznej i tektoniki, które wyraźnie modyfikują warunki występowania i krążenia wody (Michalczyk, 1986, 1996; Michalczyk i in., 1993; Michalczyk & Wilgat, 1994; Wilgat & Michalczyk, 1987). Charakterystycznym rysem rzeźby są płaskie i wysoko wyniesione zrównania wierzchwinowe, krawędzie o założeniach tektonicznych oraz różnego typu doliny (Harasimiuk, 1994; Jahn, 1956; Maruszczak & Wilgat, 1956; Buraczyński, 1968, 1974). W obrębie zrównań wierzchwinowych istnieją sprzyjające warunki do infiltracji opadów atmosferycznych; z racji wyniesienia nad poziom morza opady są wyższe niż w sąsiedztwie. Średnia roczna suma opadów na Roztoczu wynosi około 710 mm, czyli ponad 100 mm więcej niż w regionach sąsiednich (Warakomski, 1994).

Dla warunków hydrogeologicznych rejonu RPN decydujące znaczenie miało powstanie synkliny na linii Urzędów–Narol, ograniczonej systemem dyslokacji o kierunku WNW–ESE (Pożaryski, 1974). W następstwie transgresji morskiej trwającej od albu do schyłku górnego mastrychtu została osadzona miększa, maksymalnie przekraczająca 1000 m, seria osadów węglanowo-ilastych i węglanowo-krzemionkowych (Krassowska, 1976). Dla krążenia wód podziemnych jest szczególnie istotne naprzemianległe występowanie skał różniących się właściwościami fizycznymi i składem chemi-

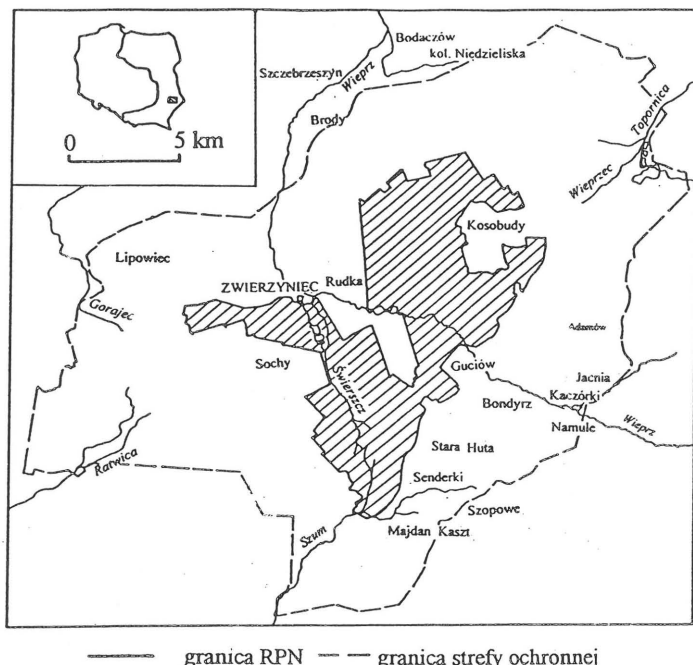
cznym. Dokumentacje studni wierconych wskazują, że w strefie aktywnej wymiany wód występują przemiennie silnie uszczelinione i twarde opoki i gezy oraz miękkie, mało odporne i słabo przewodzące wodę margle i wapienie margliste. Według Jahna (1956) istnienie sieci spękań w skałach kredowych było następstwem dopasowywania się ich do sztywnego podłoża paleozoicznego. W takiej sytuacji niejednokrotnie stwierdza się istnienie w profilu pionowym kilku poziomów wodonośnych, różniących się, m.in. zasobnością i ciśnieniem hydrostatycznym.

Młodszy cykl sedymentacji morskiej był związany z zalewem morza miocenijskiego. Rola osadów trzeciorzędowych, jako warstwy wodonośnej jest mniej istotna ze względu na ich wyspawę występowanie. W niektórych obszarach piętro trzeciorzędowe stanowi jednak istotne źródło zaopatrzenia w wodę, szczególnie w strefie południowej krawędzi Roztocza. W skałach górnokredowych i trzeciorzędowych występuje główny i najbardziej zasobny poziom wodonośny badanego obszaru, określane jako roztoczański (Wilgat & Michalczyk, 1987).

Malinowski (1993) jest zdania, że jednym z podstawowych efektów orogenezy alpejskiej na obszarze Roztocza było duże uszczelinienie skał mezozoicznych i trzeciorzędowych. Cecha ta wykazuje duże zróżnicowanie przestrzenne, wynikające z intensywności samych procesów tektonicznych oraz różnej podatności skał węglanowych na odkształcenia. Najintensywniej są spękanie strefy o szerokości do 1 km, towarzyszące głównym uskokom. Główne kierunki spękań NW–SE są równoległe do osi Roztocza. Związane są z nimi uskoki poprzeczne o przebiegu NE–SW, a lokalnie uskoki ukośne SSW–NNE. Najbardziej intensywne spękania są związane z kompleksami sztywnych osadów, do których zaliczono wapienie, opoki, margle piaszczyste i piaszkowce.

W okresie trzeciorzędu, w wyniku ruchów alpejskich, nastąpiło wypiętrzenie osadów synkliny wzdłuż linii tektonicznych nawiązujących do starszych stref dyslokacyjnych. Intensywnym ruchom blokowym we wczesnym sarmacie towarzyszyły liczne dyslokacje (Harasimiuk, 1980; Jarosze-

*Zakład Hydrografii INoZ, UMCS, ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin



Ryc. 1. Rejon Roztoczańskiego Parku Narodowego

wski, 1977). Ruchy wypiętrzające przebiegały z różną intensywnością, co spowodowało rozbitcie grzbietu Roztocza na odrębne bloki (Buraczyński, 1974, 1997; Harasimiuk, 1980, 1994). W rejonie RPN wyróżniono cztery najbardziej wyraźne jednostki tego typu (Harasimiuk, 1994); wpływają one decydująco na głębokość występowania i ukształtowanie zwierciadła wód podziemnych.

Głębokość występowania wody jest bardzo zróżnicowana. Najpłycej, w przedziale 0–2 m, utrzymuje się ona w dolinach rzek; studnie w nich zlokalizowane dokumentują zazwyczaj istnienie kilku poziomów wodonośnych w skałach czwartorzędowych oraz jednego poziomu w skałach kredowych. Najpłytszy poziom ma zazwyczaj zwierciadło swobodne, a poziomy głębsze napięte. Studnie poza strefami dolin miały zarówno napięte, jak i swobodne zwierciadło wody; te ostatnie spotykano najczęściej.

Ze zwiększaniem się wysokości bezwzględnej głębokość do zwierciadła wody podziemnej szybko wzrasta. W strefie wierzchołków miąższość strefy aeracji wynosi kilkadziesiąt metrów; maksymalną jej miąższość stwierdzono w bloku środkowym, na południe od doliny Wierprza, pomiędzy Padołem Zwierzynickim na zachodzie a obniżeniem pomiędzy Majdanem Kasztelańskim a wsią Namule. Istnieją tu dwa poziomy wodonośne. Płytszy w piaskach ma charakter lokalny, zasila płytkie studnie kopane i niewielkie źródło w Lasowcach o wydajności poniżej $1 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$. Główny poziom wodonośny, nawiązujący do doliny Wierprza, występuje na głębokości miejscami przekraczającej 100 m. Warunki alimentacji głównego poziomu wodonośnego są w takiej sytuacji utrudnione wskutek zatrzymywania części wody przez poziomy lokalne oraz długi czas dopływu wód infiltracyjnych.

Ukształtowanie zwierciadła wody nawiązuje do głównych rysów rzeźby; wznosi się ono od dolin rzecznych do wierzchołków. Przebieg hydroizohips wyraźnie wskazuje na drenującą rolę dolin rzecznych, związanych ze spękaniami tektonicznymi ułatwiającymi przemieszczanie się wód podziemnych. Szczególną rolę odgrywa na omawianym terenie

dolina Wierprza, stanowiącego bazę drenażu dla rozległego obszaru. Kartowanie terenowe przeprowadzone w lecie 1997 r. ujawniło fakt, że podziemna zlewnia Wierprza jest większa niż powierzchniowa. Jest to szczególnie widoczne w rejonie wsi Szopowe i Senderki; powiększanie się podziemnej zlewni Wierprza może być jedną z przyczyn niskiego odpływu powierzchniowego potoku z Senderek.

Najmniejsze wysokości bezwzględne zwierciadła wody wynoszą około 200 m w dolinie Wierprza w okolicy Szczebrzeszyna i około 210 m w dolinie Topornicy. Na wierzchołkach zwierciadło wody poziomu roztoczańskiego wznosi się nawet powyżej 250 m. Jeszcze wyżej, ponad 290 m, utrzymują się wody górnych poziomów w kol. Adamów i w zlewni potoku Senderki.

Przestrzenne zróżnicowanie wodonośności

Charakterystykę zasobności wodnej oparto przede wszystkim o dokumentację 54 studni głębinowych rejonu RPN udostępnioną przez Wydział Ochrony Środowiska UW w Zamościu. Najgłębsze z nich sięgały 125 m ppt., ale większość miała od 50 do 70 m. Malinowski (1993) podaje dla dorzecza Wierprza powyżej Bodaczowa wielkość 70 m, jako miąższość strefy zawodnienia efektywnego, z której można pobierać wodę dostępnymi urządzeniami technicznymi. Część tej warstwy to zasoby odnawialne, które mogą odpłynąć grawitacyjnie siecią rzeczną.

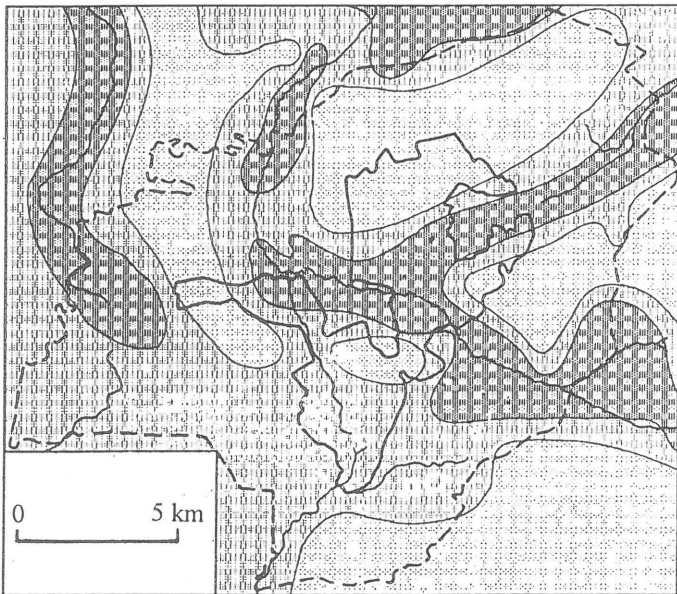
Jako miarę warunków przepływu wód podziemnych w konkretnych punktach uznano wydajność jednostkową studni głębinowych i wielkość współczynnika filtracji, określone na podstawie wyników próbnego pompowania. Dane z dokumentacji ujednolicono przeliczając dane odnoszące się do współczynników filtracji z m/s na d/dobę oraz w razie potrzeby uzupełniając, w oparciu o wydajność i wielkość depresji, informacje o wydajnościach jednostkowych studni. Ten ostatni parametr umożliwia bezpośrednie porównanie studni różniących się wielkością poboru wody i depresją, dając ocenę zasobności wodnej warstwy wodonośnej w rejonie ujęcia.

Istotą współczynnika filtracji jest to, że zależy on głównie od zdolności warstwy wodonośnej do przewodzenia wody, a w mniejszym stopniu od cech fizycznych wody, przede wszystkim jej temperatury i lepkości. Największe współczynniki występują przy dużej prędkości przepływu i małych spadkach hydraulicznych. Sytuacja taka występuje w przypadku dużych, drożnych i licznych szczelin tektonicznych.

Na omawianym obszarze współczynnik filtracji zawierał się w przedziale od 0,2 do 485 m/dobę. Wartość średnia wynosiła 28 m/dobę. Najwyższe wartości, ponad 100 m/dobę, stwierdzono w dolinie Wierprza pomiędzy wsią Namule i Guciów (blok środkowy zbudowany z gez), w suchej dolinie wsi Kosobudy i rozległej dolinie wchodzącej w skład Padołu Zamojskiego, w rejonie kol. Niedzieliska, na wschód od Szczebrzeszyna (blok północno-wschodni zbudowany z opok i gez). Wszystkie wymienione doliny założone są na dyslokacjach tektonicznych (Buraczyński, 1980, 1997; Harasimiuk, 1980; Kurkowski, 1993). Kopalne dno doliny Wierprza leży na głębokości około 40 m. Doliny kopalne wypełnione grubymi seriami osadów luźnych pełnią rolę kolektorów wód podziemnych; umożliwiają one zarówno

zasilanie lateralne aluwów wodami poziomu roztoczańskiego jak i wyrównane alimentowanie rzeczno-odpływu korytowego. Obserwowane zróżnicowanie odpływu jednostkowego i przepływu wzdłuż doliny Wieprza wskazuje na duże różnice w pojemności kolektorowej utworów kredowych. Strefy wzmózonej alimentacji wiążą się przede wszystkim z obecnością dyslokacji poprzecznych do grzbietu Roztocza (Bartoszewski, 1998).

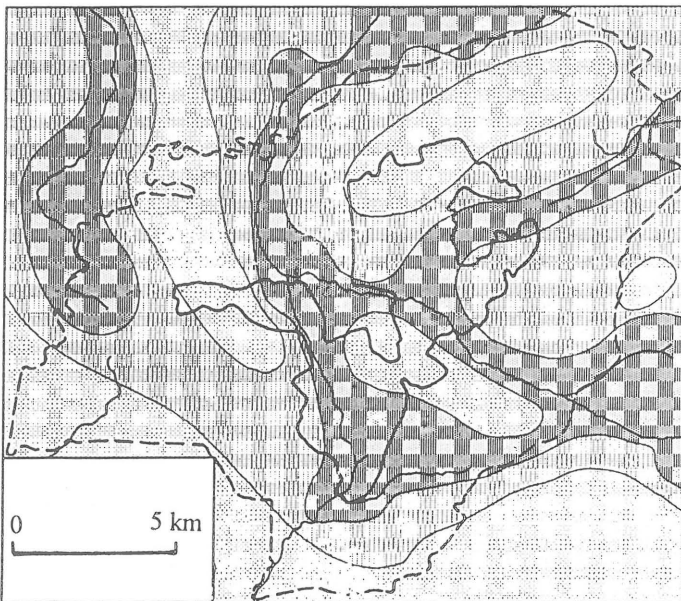
W strefie zboczy dolinnych i spłaszczeń podstokowych



— granica RPN — granica strefy ochronnej

0 2 10 m/d współczynnik filtracji

Ryc. 2. Przestrzenne zróżnicowanie współczynnika filtracji (wg Michalczyka, 1998)



— granica RPN — granica strefy ochronnej

0 1 10 m³/h/m wydajność jednostkowa studni

Ryc. 3. Przestrzenne zróżnicowanie wydajności jednostkowych studni (wg Michalczyka, 1998)

warunki przepływu wody są gorsze; współczynniki filtracji są w granicach 20–100 m/dobę. Stosunkowo wysokie tempo przepływu mają peryferie dolin Wieprza (Brody, Rudka, Bondyrz) i Gorajca, dolina Kosobud i strefy przejściowe pomiędzy Roztoczem Środkowym (Tomaszowskim) a Padołem Zamojskim w okolicy kol. Niedzieliska. Dolinę Gorajca wypełnia miąższa, 70-metrowa seria luźnych osadów plejstocenijskich i holocenijskich. Dolina tworzy głęboką bruzdę przecinającą w poprzek Roztocze. Forma ta rozwinęła się na poprzecznych dyslokacjach tworzących rów tektoniczny (Buraczyński, 1980, 1997). Niezłymi warunkami przepływu wód podziemnych ($k = 22\text{--}26\text{ m/dobę}$) cechują się również niektóre obszary wierzchowinowe położone daleko od głównych dolin, np. kol. Kaczórki i Stara Huta (oba ujęcia wody usytuowano tu na wysokości ok. 300 m n.p.m.). Dobre warunki hydrogeologiczne są tam związane z obecnością dyslokacji o przebiegu NE–SW, na linii doliny Jacynki (Kurkowski, 1993; Buraczyński, 1997). Malinowski (1993) zauważa, że dyslokacje prostopadłe do grzbietu Roztocza mają większe znaczenie dla skoncentrowanych przepływów podziemnych, niż struktury równoległe, ze względu na większą drożność szczelin i uskoków.

Przestrzenne zróżnicowanie współczynnika filtracji przedstawia rycina 2. Najniższe współczynniki filtracji są uwarunkowane głównie litologicznym charakterem skał kredowych lub lokalizacją studni w pobliżu działu wodnego, gdzie obszar alimentacji jest bardzo ograniczony. Najmniejszą wodonośność wykazuje północno-wschodni odcinek strefy ochronnej RPN, gdzie warstwę wodonośną stanowią ilaste margle; współczynniki filtracji są tam niższe od 1 m/dobę, gdyż znaczna ilość minerałów ilastych powoduje zasklepienie szczelin. Krańcowo niekorzystne warunki przepływu wody, z współczynnikiem filtracji niewiele wyższym od 0,2 m/dobę, wystąpiły w rejonie Lipowca, gdzie wiejskie ujęcie wody zlokalizowano na wierzcholinie na wysokości 337,5 m n.p.m. Umożliwia to grawitacyjny rozrząd wody, ale ogranicza możliwości pełnego pokrycia potrzeb wodnych.

Wydajności jednostkowe studni głębinowych zmieniają się również w bardzo szerokim przedziale, od 0,3 do 514 m³/h/m depresji, przy średniej 49 m³/h/m, co świadczy o zmienności warunków hydrogeologicznych. Przestrzenne zróżnicowanie wydajności przedstawia ryc. 3.

Obrazy prezentowane na ryc. 2 i 3 są bardzo podobne, ale w konkretnych sytuacjach stwierdza się duże różnice. Dużą zbieżność stwierdzono tylko w przypadku wartości najniższych. Wydajności poniżej 1 m³/h/m, charakteryzowały północno-wschodnią część strefy ochronnej parku, jak i rejon wsi Lipowiec. Niekorzystne warunki hydrogeologiczne ma również sucha dolina, w której leży wieś Sochy. Jest to obszar wododziałowy pomiędzy zlewniami Gorajca, Łady, Wieprza i Szumu; warstwą wodonośną są margle kredowe.

Wyjątkowo korzystnie natomiast zlokalizowano ujęcie komunalne wody dla Zwierzyńca. Znajduje się ono w rejonie krzyżowania się sieci dyslokacji równoległych do grzbietu Roztocza z uskokami poprzecznymi. Warstwą wodonośną są szare margle, a poziom wodonośny ma swobodne zwierciadło wody. W sąsiedztwie ujęcia znajduje się zbiornik retencyjny Rudka, którego wody zasi-

lają poziom wód podziemnych w aluwialnych dolinach Wieprza. Zasobniejsza studnia ma wydajność ponad 500 m³/h/m, a druga ponad 150 m³/h/m. W tej sytuacji nie ma trudności w pokryciu potrzeb wodnych Zwierzynca i pięciu pobliskich wsi. Lokalne ujęcia wody w Zwierzynca mają bardzo różne możliwości pokrycia potrzeb wodnych użytkowników. Są tu i takie, których wydajność jednostkowa jest zaledwie rzędu 1 m³/h/m; dotyczy to jednak ujęć wody czwartorzędowego piętra wodonośnego.

Podobna jak w Zwierzynca sytuacja hydrogeologiczna istnieje w dolinie dolnej Jacynki. Wodonoścem są również margle kredowe, w których istnieje swobodne zwierciadło wody. Wodociąg grupowy dla pięciu wsi zasila ujęcie, którego wydajność jednostkowa sięga 360 m³/h/m depresji. Rzeka Jacynka bardzo słabo drenuje wody podziemne; odpływ korytowy jest tu zwykle niższy od 1 dm³s⁻¹km² (Bartoszewski, 1998). Wydajności jednostkowe studni powyżej 100 m³/h/m depresji zanotowano także w kilku odcinkach doliny Wieprza: w Brodach, Guciowie oraz obniżeniu Kosobud.

Nieco niższą zasobnością charakteryzowały się zlewnie górnego Gorajca, Szumu i Wieprza. Ta ostatnia, leżąca w Padole Zamojskim, jest alimentowana przez wody migrujące z grzbietu Roztocza. Sytuację taką dokumentuje obecność silnych źródeł ascenzyjnych (Bartoszewski & Michalczyk, 1996).

Porównanie uzyskanych wyników z sytuacją przedstawioną na *Mapie hydrogeologicznej Polski 1 : 200 000* ark. Rzeszów i Tomaszów Lubelski wskazuje na podobny przestrzenny rozkład zasobności wodnej; ubóstwo obszarów wierzchowinowych i zasobność dolin. Przeprowadzone badania wskazują jednak na znacznie większe zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych w obrębie samych wierzchowin. Stwierdzono, że szczególnie niekorzystne warunki występują na południe od Guciowa i na północ od Kosobud, czego nie dokumentuje *Mapa hydrogeologiczna Polski*. Obszarami bardziej zasobnymi okazały się natomiast dolina górnego Gorajca i Padół Zwierzyniecki.

Podsumowanie

Podsumowując rozważania na temat zróżnicowania zasobności wodnej w rejonie RPN można sformułować następujące wnioski:

— najważniejszym czynnikiem przestrzennego zróżnicowania wodonośności jest tektonika, a szczególnie obecność dyslokacji poprzecznych;

— litologiczne wykształcenie wodonośca ma znaczenie lokalne, gdyż nawet w skałach marglistych mogą istnieć intensywne migracje wody;

— pojemność kolektorowa poszczególnych odcinków dolin rzecznych jest zróżnicowana, co dokumentują współczynniki filtracji i wydajności jednostkowe studni;

— w obszarach wierzchowinowych miejscami mogą istnieć korzystne warunki poboru wody podziemnej, jeśli występują tam drożne uskoki.

W ostatnim wniosku zwrócono uwagę odstępstwa od

schematu dopływu wody do dolin rzecznych zaprezentowanego przez Malinowskiego (1993), według którego największe przepływy mają miejsce na Roztoczu w dolinach i maleją w miarę przesuwania się do wododziałów.

Literatura

- BARTOSZEWSKI S. 1998 — Hydrogeologiczne warunki lokalizacji zbiorników retencyjnych w zlewni górnego Wieprza. *Gospod. Wod.*, 4: 131–134.
- BARTOSZEWSKI S., BURLIKOWSKA I., KRACZEK J. & TITTENBRUN A. 1996 — Zmiany stosunków wodnych południowej części Roztoczańskiego Parku Narodowego i problemy ich renaturalizacji. *Ann. UMCS, Sect. B*, 51: 87–96.
- BARTOSZEWSKI S. & MICHALCZYK Z. 1996 — Dorzecze górnego Wieprza. [W:] Źródła Roztocza. Monografia hydrograficzna, Z. Michalczyk (red.). Wyd. UMCS, Lublin: 87–99.
- BURACZYŃSKI J. 1968 — Typy dolin Roztocza Zachodniego. *Ann. UMCS, Sect. B*, 23: 47–85.
- BURACZYŃSKI J. 1974 — Zarys geomorfologii Roztocza Rawskiego. *Ann. UMCS, Sect. B*, 29: 47–76.
- BURACZYŃSKI J. 1997 — Roztocze. *Intrograf*, Lublin.
- HARASIMIUK M. 1980 — Rzeźba strukturalna Wyżyny Lubelskiej i Roztocza. Wyd. UMCS, Lublin: 1–136.
- HARASIMIUK M. 1994 — Budowa geologiczna i rzeźba Roztoczańskiego Parku Narodowego. [W:] Roztoczański Park Narodowy. T. Wilgat (red.). Ostoja, Kraków: 55–67.
- JAHN A. 1956 — Wyżyna Lubelska. *Pr. Geogr. IG PAN*, 7: 1–443.
- JAROSZEWSKI 1977 — Sedymenacyjne przejawy mioceńskiej ruchliwości tektonicznej na Roztoczu Środkowym. *Prz. Geol.*, 39: 413–427.
- KRASSOWSKA A. 1976 — Kreda pomiędzy Zamościem, Tomaszowem Lubelskim a Krylowem. *Biul. Inst. Geol.*, 291: 51–101.
- KURKOWSKI S. 1993 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski, 1 : 50 000, ark. Krasnobród. Państw. Inst. Geol.
- MALINOWSKI J. 1984 — Mapa hydrogeologiczna Polski, 1 : 200 000, ark. Tomaszów Lubelski. Wyd. Geol.
- MALINOWSKI J. 1993 — Warunki hydrogeologiczne Roztocza w świetle tektoniki. [W:] Tektonika Roztocza i jej aspekty sedimentologiczne, hydrogeologiczne i geomorfologiczno-krajobrazowe. Wyd. Zakł. Geologii UMCS, TWWP, Lublin: 109–117.
- MARUSZCZAK H. & WILGAT T. 1956 — Rzeźba strefy krawędziowej Roztocza Środkowego. *Ann. UMCS, Sect. B*, 10: 1–107.
- MICHALCZYK Z. 1986 — Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Roztocza. Wyd. UMCS, Lublin: 1–195.
- MICHALCZYK Z. (red.) 1996 — Źródła Roztocza — monografia hydrograficzna. Wyd. UMCS, Lublin.
- MICHALCZYK Z. 1998 — Ochrona zasobów wodnych. [W:] Operat ochrony przyrody nieożywionej Roztoczańskiego Parku Narodowego. Lublin. Arch. RPN.
- MICHALCZYK Z., BARTOSZEWSKI S. & TURCZYŃSKI T. 1993 — Wody podziemne Roztocza Rawskiego. Tektonika Roztocza i jej aspekty sedimentologiczne, hydrogeologiczne i geomorfologiczno-krajobrazowe. Wyd. Zakł. Geologii UMCS, TWWP, Lublin: 118–123.
- MICHALCZYK Z. & WILGAT T. 1994 — Wody w rejonie Roztoczańskiego Parku Narodowego. [W:] Roztoczański Park Narodowy, T. Wilgat (red.). Ostoja, Kraków: 68–81.
- Ochrona Środowiska 1997 — Informacje i opracowania statystyczne. GUS, Warszawa.
- POŻARYSKI W. 1974 — Obszar świątokrzysko-lubelski. [W:] Budowa geologiczna Polski. Tektonika, IV. Wyd. Geol.: 49–363.
- WARAKOMSKI W. 1994 — Zarys klimatu Roztocza. [W:] Roztoczański Park Narodowy, T. Wilgat (red.). Ostoja, Kraków: 42–54.
- WILGAT T. & MICHALCZYK Z. 1987 — Stosunki wodne w rejonie Roztoczańskiego Parku Narodowego. *Ochrona Przyrody*, 45: 295–324.
- WRÓBLEWSKA E. & HERMAN G. 1984 — Mapa hydrogeologiczna Polski 1 : 200 000, ark. Rzeszów. Wyd. Geol.