Specyfika warunków hydrogeologicznych w obszarach górskich na przykładzie zlewni Brennicy (powiat cieszyński)

Paulina Dembska-Sięka[1], Robert Zdechlik[2]

P. Dembska-Sięka

R. Zdechlik

The specificity of hydrogeological conditions in mountainous areas a case study of the Brennica river basin (Cieszyn district). Prz. Geol. 62: 768–774.

A b s t r a c t. The article presents the different hydrogeological conditions and describes the water and sewage system in the Brennica river basin (about 82 km^2). In this region, the Quaternary and Cretaceous aquifers, influence the groundwater supply. Hydrogeological mapping of the area was carried out in July 2012. During fieldworks 179 hand-dug wells were inventoried, in which depths to the groundwater level, pH and electrolytic conductivity of water were measured. In the next step the results of the fieldwork were verified and marked on the digital topographic map of the study area. Interpolation and extrapolation methods were used to transform point data to spatial data. As a consequence of the research, a contour map of the first groundwater level was constructed. In order to make the map readable, variable intervals of contour lines were used. The water table in the highland river basins occurs at very small depths on the hilltops and intersects the land surface in the valleys. It is contiguous with the upper surface of streams and swamps. Groundwater flow systems in the region are generally small and the aquifer boundaries are coincident with surface water divides. There is no regional ground water flow system. The groundwater is relatively vulnerable to pollution.

Keywords: *hydrogeology, Brennica river basin, hydrogeological mapping, groundwater level contour map, Silesian Beskid*

W obszarach górskich zwierciadło wód podziemnych zalega głęboko na szczytach i stokach wzniesień, natomiast w dolinach występuje płycej bądź wręcz przecina powierzchnię terenu, tworząc liczne źródła. Lokalny system krążenia ma zwykle niewielki zasięg, a działy wód podziemnych pokrywają się z działami wód powierzchniowych. Najczęściej nie stwierdza się regionalnego systemu krążenia wód podziemnych. Dominuje spływ przypowierzchniowy, a zasoby odnawialne wód podziemnych są zmienne i bardzo trudne do oszacowania. Wody podziemne są podatne na zanieczyszczenia.

Mimo stosunkowo niedużej powierzchni, zlewnia rzeki Brennicy, jednego z pierwszych dopływów Wisły, pełni istotną rolę, wpływa zarówno na kształtowanie się stosunków wodnych, jak i na jakość wód w górnym biegu Wisły. Z uwagi na sukcesywny przyrost ilości mieszkańców w okolicach Brennej oraz nieustający rozwój turystyki, wyraźnie odczuwalny jest stały wzrost zapotrzebowania na wodę. Dotychczas do celów komunalnych, socjalnych i gospodarczych były ujmowane głównie wody powierzchniowe. Możliwości czerpania wód podziemnych, zasadniczo lepiej chronionych przed migracją potencjalnych zanieczyszczeń, wykorzystywane są jedynie w niewielkim stopniu. Z tego względu, w objętym badaniami obszarze zlewni Brennicy, kluczowym problemem jest szczegółowe rozpoznanie warunków hydrogeologicznych, mogące znacznie przyczynić się do usprawnienia gospodarki wodnej. Szczegółowa charakterystyka warunków hydrogeologicznych i relacji wód podziemnych z powierzchniowymi, w powiązaniu z określeniem ich parametrów jakościowych, daje przyrodnicze podstawy racjonalnego podejmowania decyzji w zakresie gospodarowania zasobami wód w regionie.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

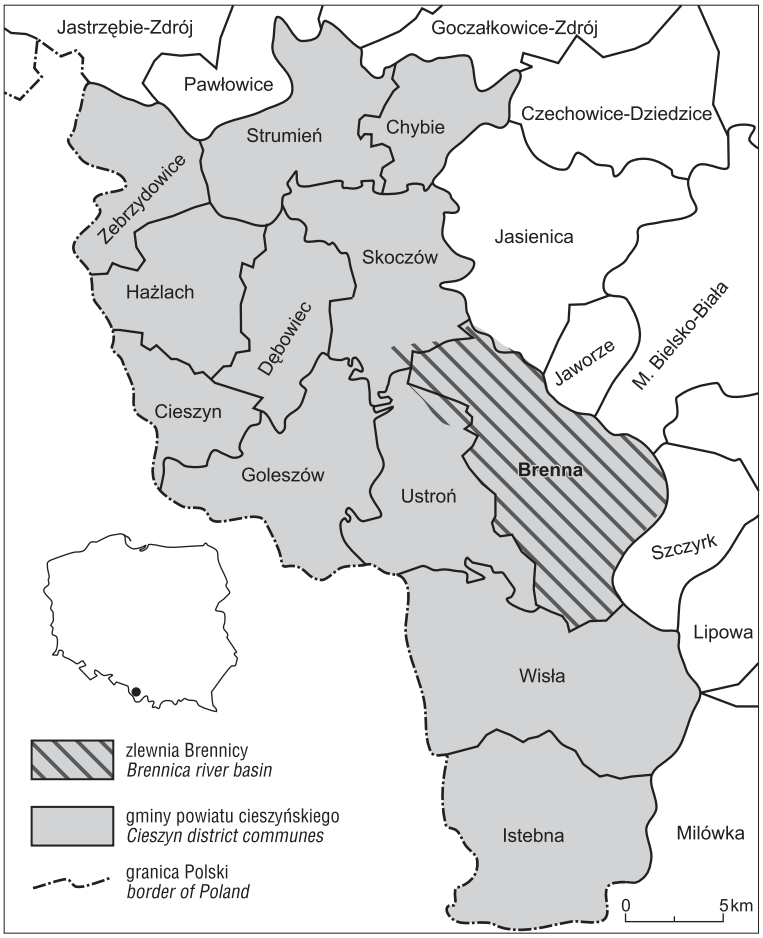
Zlewnia Brennicy znajduje się w południowym rejonie województwa śląskiego, środkowowschodniej części powiatu cieszyńskiego, a jej granice w znacznej mierze pokrywają się z granicami gminy Brenna (ryc. 1).

Obszar badań obejmuje dwa makroregiony, według regionalizacji fizycznogeograficznej Polski (Kondracki, 2009). Południowa część (miejscowość Brenna) leży w granicach makroregionu Beskidy Zachodnie, mezoregionu Beskid Śląski (513.45), natomiast część północna (sołectwa Górki Małe i Górki Wielkie) znajduje się w makroregionie Pogórze Zachodniobeskidzkie (513.3), mezoregionu Pogórze Śląskie (513.32). Granica między makroregionami uwidacznia się w morfologii terenu wyraźnym progiem denudacyjnym, wznoszącym się około 200 m ponad Pogórze Śląskie. Najniżej położony punkt obszaru badań znajduje się na wysokości około 300 m n.p.m., przy ujściu Brennicy do Wisły, natomiast miejscem najwyżej położonym (1081,7 m n.p.m.) jest szczyt Trzy Kopce w masywie Klimczoka.

Pod względem hydrograficznym analizowany obszar należy do zlewni Brennicy (II rzędu), zlewni Małej Wisły (I rzędu) i przynależy do zlewiska Morza Bałtyckiego. Brennica bierze swój początek z połączenia dwóch potoków o nazwach: Węgierski (źródła na wysokości 790 m n.p.m. na stokach Beskidka) i Połczany (źródła pod przełęczą Karkoszczonka). Sieć rzeczna w rozpatrywanym obszarze jest stosunkowo gęsta. Do Brennicy wpływają liczne górskie potoki, spośród których największymi są Leśnica i Hołcyna (ryc. 2). Brennica prawie na całej długo-

[1] Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Geologii Złożowej i Górniczej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; dembska@agh.edu.pl.

[2] Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; robert.zdechlik@agh.edu.pl.



Ryc. 1. Położenie zlewni Brennicy na tle podziału administracyjnego w rejonie Cieszyna
Fig. 1. Location of the Brennica river basin on the background of the administrative division in Cieszyn region

ści jest uregulowana, co znacznie ogranicza więź hydrauliczną rzeki z warstwą wodonośną. Na rzece znajdują się kaskady, a w górnym biegu zapory przeciwrumowiskowe. Część terenów położonych wzdłuż biegów Brennicy i Leśnicy została wyznaczona przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gliwicach jako zagrożone powodzią. Brennica jest objęta monitoringiem czystości wód powierzchniowych na odcinku 13 km (od Brennej-Bukowej do ujścia do Wisły).

Na charakter i stan zagospodarowania w zlewni Brennicy wpływa duża różnorodność przyrodnicza regionu. Ze względu na znaczne deniwelacje terenu, w południowej części doliny Brennicy przeważają zbiorowiska leśne, pokrywające ponad 60% powierzchni rozpatrywanego obszaru. Jedynie w części północnej, na Pogórzu Śląskim, gdzie koncentruje się zabudowa mieszkaniowa, w sposobie zagospodarowania dominują pola uprawne, łąki i pastwiska. Ze względu na cenne walory krajobrazowe i dobre skomunikowanie z aglomeracją śląską, gospodarcze znaczenie gminy jest związane przede wszystkim z turystyką. Rozwojowi turystyki sprzyja również położenie zlewni Brennicy w obrębie Parku Krajobrazowego Beskidu Śląskiego, jego otuliny oraz obszarów Natura 2000 (PLH240005 i PLH 240008). Znaczne rozwinięcie sieci rzecznej oraz duże spadki rzek i potoków stwarzają korzystne warunki dla budowy małych elektrowni wodnych. Występują również potencjalnie korzystne warunki rozwoju systemów pozyskiwania energii geotermalnej, aczkolwiek należy mieć na uwadze możliwość znacznej zmienności warunków hydrogeotermalnych nawet na niewielkiej przestrzeni (Bujakowski i in., 2008).

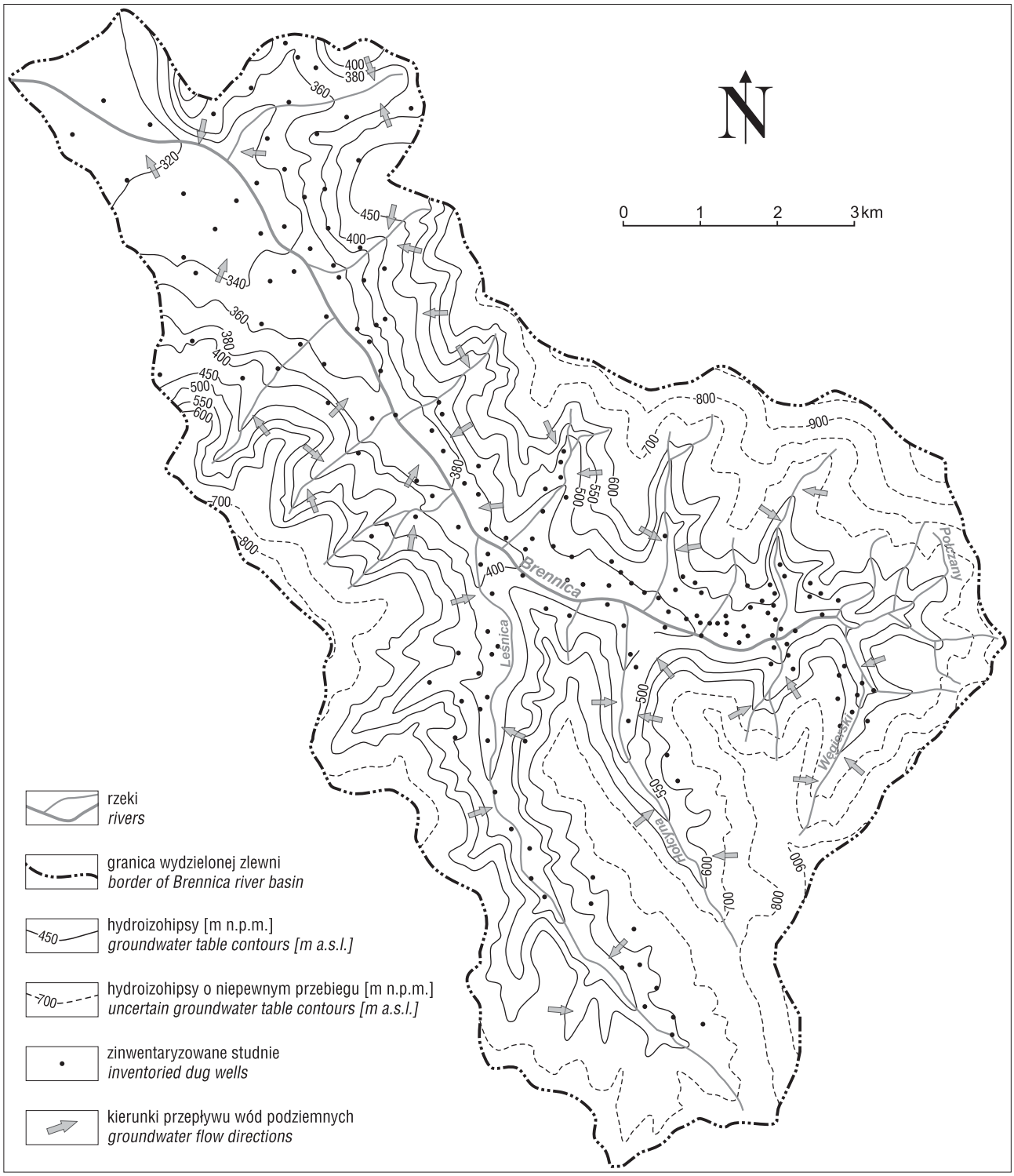
Północna część obszaru badań (Pogórze Śląskie) leży w strefie klimatu podgórskiego, natomiast południowa (Beskid Śląski) – w strefie klimatu górskiego (Gumiński, 1948). Temperatura oraz wielkość i rozkład opadów są uwarunkowane również położeniem terenu nad poziom morza. Średnia roczna temperatura rozpatrywanego obszaru wynosi około 8°C. Najcieplejszym miesiącem jest lipiec, natomiast najzimniejszym – styczeń. Średnia roczna suma opadów waha się pomiędzy 800 a 1000 mm i zwiększa się proporcjonalnie do wysokości położenia terenu. Najwyższe opady występują w czerwcu i lipcu w postaci ulewnych deszczy, a najniższe w lutym. Liczba dni z opadami deszczu wynosi od 150 do 190. Znaczną część opadów stanowi śnieg. Liczba dni z opadami śniegu zmienia się od 30 u podnóży, do 90 w wyższych partiach gór (Papin i in., 2008).

CEL I METODYKA PRACY

Zasadniczym celem podjętych prac jest ocena warunków hydrogeologicznych występujących w zlewni Brennicy, przeprowadzona pod kątem możliwości optymalizacji i rozwoju eksploatacji wód do celów komunalnych. Określenie potencjalnych możliwości zasobowych systemu wodonośnego wymaga jego uprzedniego dokładnego scharakteryzowania pod względem hydrogeologicznym. Z tego względu w pierwszym etapie prac dokonano szczegółowego rozpoznania wytypowanego obszaru. W lipcu 2012 r. przeprowadzono kartowanie hydrogeologiczne, w trakcie którego zinwentaryzowano 179 studni gospodarskich. W otworach studziennych dokonano pomiarów głębokości zalegania zwierciadła wody, a następnie pobrano z nich próbki wód i oznaczono w terenie nietrwałe parametry jakości (pH, przewodność elektrolityczną właściwą i temperaturę).

Bezpośrednie wyniki pomiarów terenowych są informacjami punktowymi – dotyczą wyłącznie cech wód w miejscach prowadzenia pomiaru/opróbowania. W celu graficznego przedstawienia położenia zwierciadła wód podziemnych, w postaci izoliniowej mapy hydroizohips (ryc. 2), konieczne było dokonanie stosownych operacji algebraicznych zmierzających do przetworzenia danych punktowych: głębokości zalegania zwierciadła wody przeliczono na rzędne, ujednolicono jednostki, itp.

Przygotowane w ten sposób dane poddano przestrzennej interpretacji (interpolacji, często również ekstrapolacji). Punkty do pomiarów terenowych i opróbowania typowano, kierując się zasadą w miarę równomiernym ich rozmieszczeniem. Jednakże, z uwagi na specyfikę obszaru, trudno było uzyskać regularne pokrycie rozpatrywanego obszaru punktami pomiarowymi, zwłaszcza w rejonach o silnie zróżnicowanej morfologii bądź w lasach. Z tego względu przy interpretacji układu hydrodynamicznego pierwszego



Ryc. 2. Mapa hydroizohips pierwszego poziomu wodonośnego w zlewni Brennicy
Fig. 2. Contour map of the first groundwater table in the Brennica river basin

poziomu wodonośnego wykorzystano położenie i rzędne wypływów zlokalizowanych źródeł. Pomocne okazało się również uwzględnienie łączności hydraulicznej wód podziemnych z powierzchniowymi – lokalny charakter rzek i potoków w odniesieniu do wód podziemnych (najczęściej drenujący) determinuje układ hydroizohips. Przy braku chociażby takich przesłanek, posiłkowano się morfologią terenu, wykorzystując ogólną zasadę współkształtności terenu i położenia zwierciadła wód podziemnych.

Ponieważ przytoczony sposób postępowania prowadzi do obarczenia rezultatów pomiarów większą niepewnością, tak przyjęty układ hydroizohips potraktowano jako hipotetyczny, przedstawiając go odmiennym symbolem – linią przerywaną. Dla zachowania czytelności mapy przyjęto zmienny interwał kreślenia hydroizohips: 20 m do wartości 400 m n.p.m., 50 m pomiędzy 400 a 600 m n.p.m., oraz 100 m powyżej 600 m n.p.m. (ryc. 2).

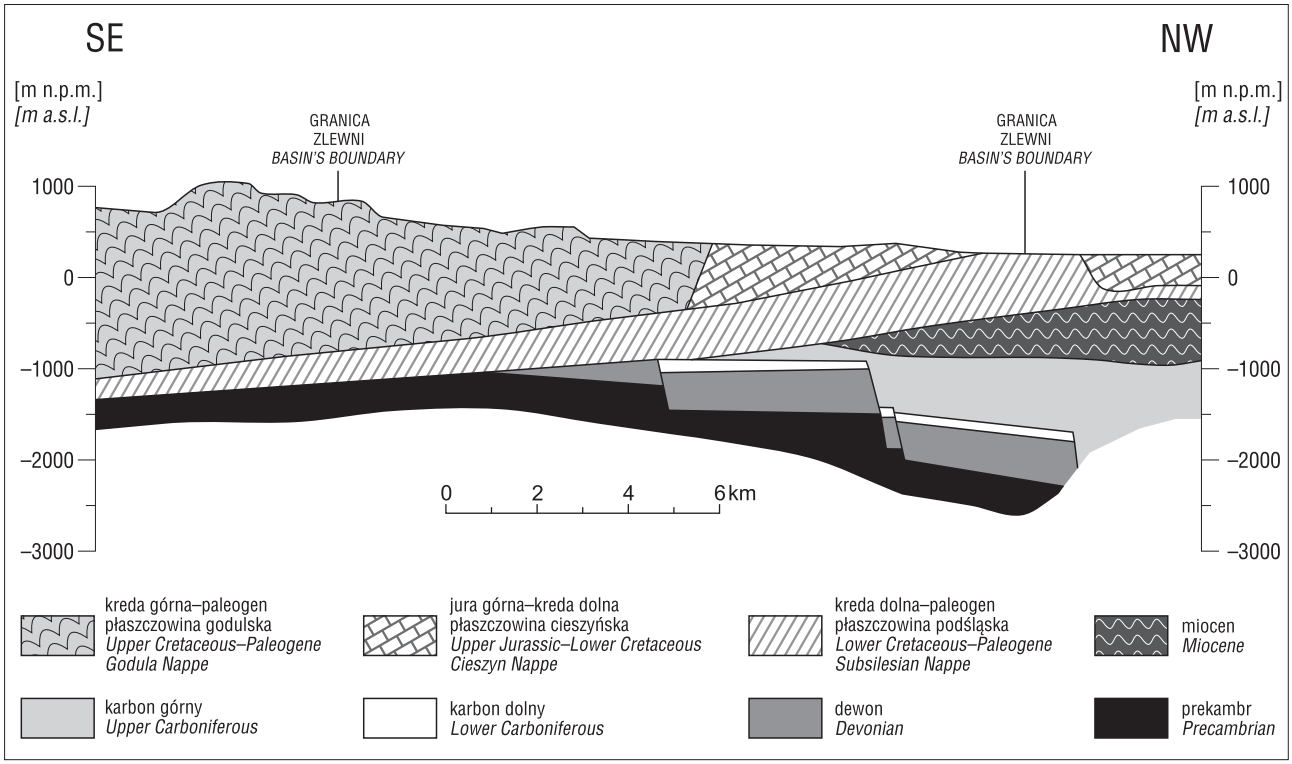
ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ I WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Obszar badań znajduje się w zachodniej części Karpat Zewnętrznych (Stupnicka, 2007). Podłoże budują utwory dwóch pięter strukturalnych. Niższe piętro strukturalne jest utworzone z utworów kaledońskich lub starszych oraz hercyńskich, poddanych ruchom orogenezy alpejskiej. Piętro wyższe jest zbudowane z utworów paleozoicznych niecki górnośląskiej, tj. utworów karbonu górnego (Ryłko & Paul, 1998), a w północnej części zlewni, na obszarze Pogórza Śląskiego, z molasy mioceńskiej: iłów, mułowców, piasków i żwirów (ryc. 3). Utwory fliszowe w rejonie zlewni Brennicy tworzą płaszczowiny podśląską i śląską.

Najstarszymi utworami odsłaniającymi się na powierzchni w oknie tektonicznym Ustronia, w północno-zachodniej części obszaru badań, są budujące płaszczowinę podśląską łupki, margle i piaskowce (ryc. 3). Wyżej zalegają utwory płaszczowiny śląskiej, która składa się z dwóch podjednostek – cieszyńskiej i godulskiej. Pokrywającą się zasięgiem z mezoregionem Pogórza Śląskiego płaszczowinę cieszyńską budują utwory jury górnej i kredy dolnej – dolne i górne łupki cieszyńskie, rozdzielone przez warstwę wapieni cieszyńskich. Górnokredowo-paleogeńska płaszczowina godulska tworzy blok Beskidu Śląskiego, a w jej skład wchodzą warstwy łupków wierzowskich, warstwy lgockie i warstwy godulskie (dolne, środkowe i górne). Utwory czwartorzędowe Pogórza Śląskiego powstały głównie w wyniku działalności wód fluwioglacjalnych. W Beskidzie Śląskim dominują pokrywy zwietrzelinowe, koluwia i deluwia, a w dolinach rzek występują utwory aluwialne (Unrug, 1969).

Biorąc pod uwagę regionalizację słodkich wód podziemnych Polski, zaproponowaną przez Kleczkowskiego (1990), występujące w granicach zlewni Brennicy piętra wodonośne należy zaliczyć do prowincji górsko-wyżynnej, części zewnętrznej masywu karpackiego (MK). Rozpatrując podział regionalny zwykłych wód podziemnych według jednostek hydrogeologicznych (Paczyński, 2007), wody podziemne zlewni Brennicy należą do prowincji górskiej, regionu karpackiego (XV), subregionu Karpat zewnętrznych (XV2). Uwzględniając regionalizację hydrogeologiczną Polski według regionów wodnych (Nowicki & Sadurski, 2007), słodkie wody podziemne tego obszaru należą do prowincji Wisły, regionu górnej Wisły, subregionu Karpat Zewnętrznych (SKZ). Natomiast zgodnie z tzw. nowym podziałem Polski w zakresie jednolitych części wód podziemnych (JCWPd), który planowo powinien obowiązywać od 2015 r., rozpatrywana zlewnia przynależy do JCWPd nr 162. W jej obrębie stan chemiczny wód, na podstawie badań przeprowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w 2012 r., oceniono jako dobry (http://mjwp.gios.gov.pl/).

W rejonie zlewni Brennicy wydziela się dwa piętra wodonośne – czwartorzędowe i kredowe (fliszowe). Utworzone w osadach fliszowych kredy i paleogenu piętro kredowe jest typu szczelinowego lub szczelinowo-porowego, na skutek uwarunkowań tektonicznych jest nieciągłe i zróżnicowane przestrzennie (m.in. pod względem przepuszczalności i pojemności). Zwierciadło wód podziemnych zalega na głębokościach od 5 do 30 m (sporadycznie głębiej). Średnia miąższość warstwy wodonośnej wynosi 15 m. Wydajności w strefach zbudowanych z piaskowców gruboławicowych (warstwy godulskie) są większe (sięgają 5 m^3/h) niż w strefach zbudowanych z łupków, gdzie nie przekraczają 2 m^3/h. Zasilanie następuje w wyniku infiltracji opadów atmosferycznych na wychodniach spękanych piaskowców oraz na drodze przesączania przez pokrywę zwietrzelinową. Piętro kredowe jest drenowane przez liczne źródła, wskaźnik gęstości wynosi 5–15 źródeł/km^2 (Chowaniec & Witek, 2000), oraz lokalnie (eksploatacja wód podziemnych) studniami wierconymi.



Ryc. 3. Przekrój geologiczny przez rejon zlewni Brennicy (wg Ryłki & Paula, 1992; zmienione)
Fig. 3. Geological cross-section of the Brennica river basin region (after Ryłko & Paul, 1992; modified)

Czwartorzędowe piętro wodonośne, o typie porowym, występuje w piaszczysto-żwirowych osadach dolin rzecznych. Swobodne, ciągłe zwierciadło wód podziemnych zalega na głębokościach od 1÷2 m w dolinach rzecznych, do 5÷10 m w rejonach morfologicznie wyniesionych. Ze względu na ograniczone właściwości retencyjne utworów budujących warstwę wodonośną, położenie zwierciadła wód podziemnych bardzo zależy od stanów wód w rzekach i potokach. O zasilaniu czwartorzędowego piętra wodonośnego decyduje głównie infiltracja opadów atmosferycznych, ale wpływ ma również spływ wód ze zboczy oraz dopływ wód powierzchniowych. Potencjalne wydajności studni wynoszą od 2 do ponad 70 m^3/h, przeciętnie – około 30 m^3/h. Wody ujmowane są do celów komunalnych, sanitarnych oraz na potrzeby rolnictwa (Chowaniec & Witek, 2000). Całkowita wielkość poboru wód piętra czwartorzędowego jest trudna do określenia, z uwagi na braki bądź nieścisłości w rejestrowaniu ilości eksploatowanych wód oraz okresowo zmienny pobór w większości ujęć. Mineralizacja wód piętra czwartorzędowego mieści się w zakresie 150–400 mg/dm^3. Pod względem hydrogeochemicznym dominują wody wodorowęglanowo-wapniowe, często odznaczające się podwyższoną zawartością żelaza, manganu bądź azotanów (Chowaniec i in., 2007).

Kredowe piętro wodonośne pokrywa się w znacznej części z fliszowym Głównym Zbiornikiem Wód Podziemnych nr 348 – Godula (Beskid Śląski) o charakterze szczelinowo-porowym, położonym pod beskidzką częścią rozpatrywanego obszaru. Warstwy wodonośne występują w formie ławic piaskowców, zalegających naprzemianlegle z osadami praktycznie niewodonośnymi – iłami i marglami. Zasoby dyspozycyjne GZWP nr 348 wynoszą 8,5 tys. m^3/d (Kleczkowski red., 1990), średnia głębokość ujęć wynosi około 60 m, a szacowaną wielkość modułu zasobów dyspozycyjnych określono na 0,24 $dm^3/(s \cdot km^2)$. Wody podziemne w utworach fliszowych wykazują niską mineralizację, charakteryzują się dobrą i bardzo dobrą jakością, a ich typ określany jest jako wodorowęglanowo-siarczanowo-wapniowo-magnezowy (Chowaniec & Witek, 2000). W omawianym rejonie piętro fliszowe nie jest rozpoznane hydrogeologiczne w stopniu wystarczającym, co wynika ze specyfiki terenu, czyli jego górskiego charakteru i dużego zalesienia, utrudniających prowadzenie badań (Chowaniec i in., 2007).

Na przeważającej części obszaru zarówno wody piętra kredowego, jak i piętra czwartorzędowego, nie są izolowane od powierzchni terenu, co potencjalnie może stanowić zagrożenie dla ich jakości. Z uwagi na usytuowanie zbiorników czwartorzędowych w dolinach rzecznych i w pobliżu obszarów zamieszkałych, są one narażone na zanieczyszczenia nie tylko antropogeniczne (np. ścieki, spaliny, nawozy), ale i naturalne (np. zalewy powodziowe). Piętro kredowe, występujące głównie w terenie zalesionym, jest obecnie w mniejszym stopniu narażone na zagrożenia (Chowaniec, 2012).

GOSPODARKA WODNO-ŚCIEKOWA

Do celów socjalno-bytowych wykorzystywane są także wody powierzchniowe. Gminne wodociągi funkcjonują na zasadach spółek wodnych. Ujmują wody z potoków Chrobaczy, Jatny i Hołcyna i dostarczają do gospodarstw położonych wzdłuż głównej wodnej magistrali przesyłowej oraz w centrum gminy. W miejscowości Pogórze, w widłach Wisły i Brennicy, jest zlokalizowane infiltracyjne ujęcie wody. W sierpniu 2013 r. został oddany do użytku wodociąg w sołectwie Górki Wielkie. Mimo sukcesywnie prowadzonej rozbudowy sieci wodociągowej w poszczególnych miejscowościach, ogólny stopień zwodociągowania obszaru jest niewielki, ponieważ do sieci podłączonych jest jedynie 26% budynków mieszkalnych. Wynika to przede wszystkim ze znacznych deniwelacji rozpatrywanego obszaru, co powoduje komplikacje techniczne i wzrost kosztów. Z tego względu wiele zabudowań indywidualnych, położonych niżej, czerpie wodę ze studni kopanych. Ujmowane indywidualnie wody zwykle nie są przebadane pod względem przydatności do spożycia. Rozwój budownictwa letniskowego w wyższych partiach terenu, gdzie zwierciadło wody pierwszego, kredowego poziomu wodonośnego stabilizuje się na głębokościach kilkunastu metrów, wymusza konieczność wykonywania studni wierconych. Ich nieewidencjonowana i niekiedy nieracjonalna eksploatacja może stanowić zagrożenie ilościowe dla lokalnych zasobów wodnych.

Z uwagi na potencjalny wpływ na jakość wód Wisły, istotnego znaczenia w zlewni Brennicy nabiera prawidłowe prowadzenie gospodarki ściekowej. Głównym typem ścieków w rozpatrywanym rejonie są ścieki bytowe, powstające w ilości około 204 000 m^3/rok. Trafiają one do sieci kanalizacyjnej, a następnie kierowane są do zmodernizowanej miejskiej oczyszczalni ścieków w Skoczowie. Brak jest kanalizacji deszczowej, wody opadowe z ulic spływają do przydrożnych rowów, a następnie bezpośrednio do cieków. Sieć kanalizacyjna jest bardziej rozbudowana od wodociągowej, podłączonych jest do niej 48% wszystkich budynków mieszkalnych. Pozostałe gospodarstwa domowe wykorzystują zbiorniki bezodpływowe (szamba), których szczelność nie jest pewna.

WYNIKI BADAŃ I ICH INTERPRETACJA

Granice zlewni Brennicy przyjęto, na podstawie powierzchniowych działów wodnych. W obrębie terenu objętego badaniami, większe zagęszczenie punktów pomiarowych (studni gospodarskich) występuje na obszarach położonych niżej, głównie do wysokości 600 m n.p.m. W miarę zwiększania wysokości terenu, zabudowa mieszkaniowa i znajdujące się przy niej studnie gospodarskie występują coraz rzadziej. Na większych wysokościach, zwłaszcza w rejonach występowania dużych połaci leśnych, studni pomiarowych nie zlokalizowano. W obszarach położonych powyżej granicy zabudowań, jako punkty do interpolacji wykorzystano zinwentaryzowane podczas prac terenowych źródła, a pomocniczo również źródła wskazywane na mapach topograficznych.

W rejonie zlewni Brennicy zwierciadło wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego, w szczególności na obszarach niżej położonych, nawiązuje do ukształtowania terenu. Generalnie zalega na głębokościach od 0,37 do 33,22 m p.p.t., przy czym na obszarach wyżej położnych zalega na większych głębokościach niż w dolinach rzek. Na przeważającej części obszaru zwierciadło wód podziemnych ma charakter swobodny. Średnia głębokość zinwentaryzowanych studni (zarówno głębinowych, jak i kopanych) osiąga około 6,4 m p.p.t.

Mimo że pomiary wykonywano w okresie suchym (lipiec 2012 r.), na ogół na obszarach występowania wód piętra czwartorzędowego nie stwierdzono osuszenia warstwy wodonośnej. Jedynie w wyżej położonych partiach gór zinwentaryzowano kilka studni kopanych zupełnie osuszonych. W takich rejonach, z uwagi na dominację spływu

powierzchniowego nad odpływem podziemnym, wody czwartorzędowego piętra wodonośnego najprawdopodobniej nie występują. Dlatego w wyższych partiach terenu, woda do celów bytowych czerpana jest z poziomów wodonośnych piętra kredowego. Ponieważ wody tego piętra występują na większych głębokościach, eksploatacja odbywa się studniami wierconymi, sięgającymi do głębokości przekraczających nieraz nawet 30 m. W trakcie kartowania hydrogeologicznego zinwentaryzowano 6 ujęć takiego typu.

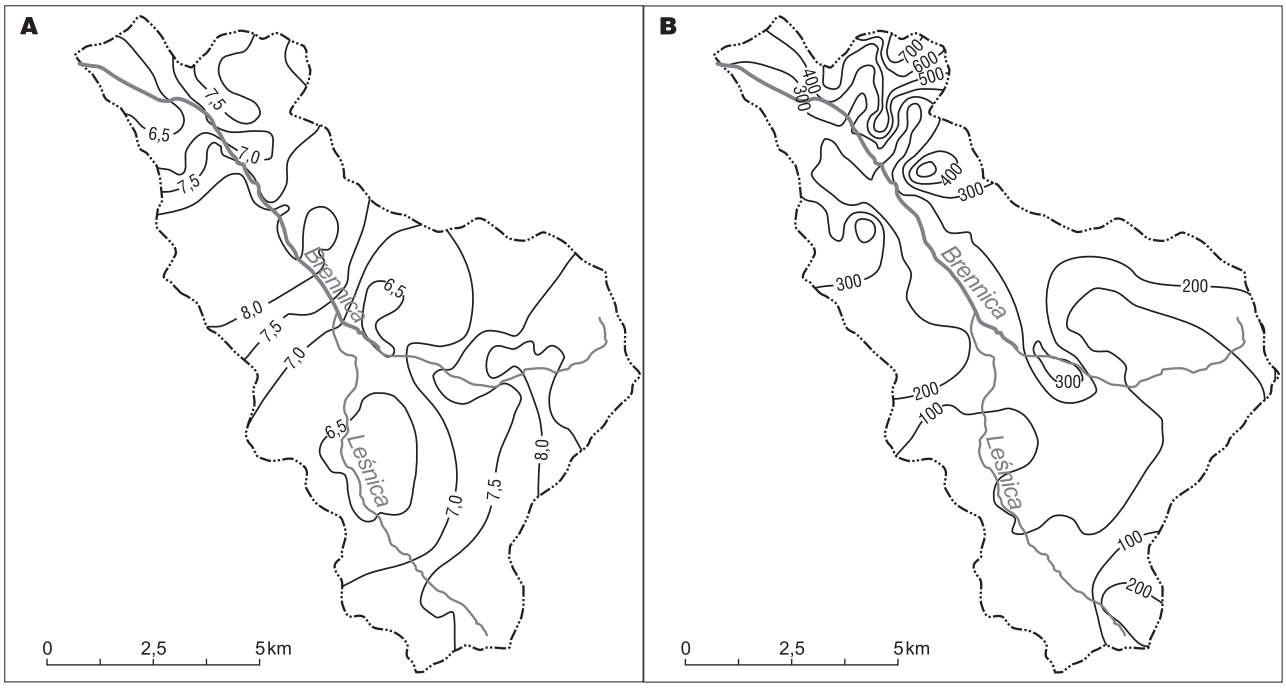
Strefy zasilania związane są z obszarami wyniesionymi morfologicznie, położonymi w pobliżu topograficznych działów wodnych. Jednakże z uwagi na górski charakter terenu, wiodącą rolę odgrywa spływ powierzchniowy. Najdogodniejsze warunki do infiltracji występują w dolinach rzecznych oraz na płaskich grzbietach. Obszary te przyjmują opad, a w zależności od nachylenia stoków i cech litologicznych zalegających utworów pokrywowych, opad przekształca się w spływ powierzchniowy i/lub odpływ podziemny.

Drenaż warstwy wodonośnej następuje przez cieki powierzchniowe oraz ujęcia wód podziemnych. Podstawę drenażu stanowi Brennica, a lokalnie jej dopływy, w tym w szczególności potoki Leśnica i Hołcyna. Potok Węgierski, odwadniający południowo-zachodnią część zlewni, drenuje warstwę wodonośną intensywniej od czasu powodzi w 1997 r., która prawdopodobnie spowodowała obniżenie jego bazy erozyjnej. Efektem jest lokalne obniżenie pierwszego poziomu wodonośnego, wymuszające konieczność pogłębienia niektórych studni.

Kierunki przepływu wód podziemnych determinowane są różnicami ciśnienia hydraulicznego pomiędzy strefami zasilania i drenażu. W rozpatrywanej zlewni wynikają one z układu morfologicznego powierzchni terenu – odpływ podziemny następuje głównie w kierunku dolin rzecznych. W górnej części zlewni Brennicy kierunki przepływu wód podziemnych są modyfikowane przez liczne jej dopływy o charakterze drenującym, zwłaszcza potoki Leśnica i Hołcyna (ryc. 2). Przepływ wód podziemnych następuje w kierunku dopływów Brennicy, a w dalszej kolejności – w kierunku koryta jej samej. Na terenach Pogórza Śląskiego, o mniejszym zróżnicowaniu rzeźby terenu, przepływ wód podziemnych odbywa się od stron północno-wschodniej i południowo-zachodniej, bezpośrednio w kierunku Brennicy. Największe zagęszczenie hydroizohips zaobserwowano na stokach w południowej części zlewni, w Beskidzie Śląskim.

Pomiary pH próbek wód podziemnych, pobranych ze 179 punktów pomiarowych, wykazują relatywnie znaczne zróżnicowanie tego parametru: od 5,90 do 8,75 (ryc. 4), co odpowiada odczynowi od słabo kwaśnego do słabo zasadowego. Tak duże zróżnicowanie wartości pH jest najprawdopodobniej skutkiem opróbowania wód pochodzących z dwóch różnych pięter wodonośnych, tj. kredowego i czwartorzędowego, w dolinach, które stanowią w rozpatrywanym rejonie pierwszy poziom wodonośny. W obrębie piętra kredowego różnice wartości odczynu mogą wynikać ze zmienności facjalnej piaskowców godulskich, stanowiących poziom wodonośny. Wyższe wartości pH związane są z wodami krążącymi w wapnistych piaskowcach godulskich dolnych, natomiast niższe – z wodami występującymi w piaskowcach godulskich środkowych. Wody podziemne przy ujściu Brennicy do Wisły reprezentują czwartorzędowe piętro wodonośne i charakteryzują się stosunkowo niskim odczynem. Przyczyną tego może być obecność w wodzie CO_2, który rozpuszczając się, tworzy kwas węglowy obniżający pH wody.

Pomierzone wartości przewodności elektrolitycznej właściwej wody mieściły się w przedziale od 120 do 805 μS/cm, które są charakterystyczne dla wód czystych i niskozmineralizowanych (Macioszczyk, 1987). Uogólniając – wyższe wartości przewodności notowano w punktach położonych morfologicznie niżej. Niższa przewodność w próbkach wód pobranych w Beskidzie Śląskim, w porównaniu z próbkami z Pogórza Śląskiego, wynika z odmiennej litologii górotworu, a także działalności antropogenicznej. Kredowe piętro wodonośne Beskidu Śląskiego, wystę-



Ryc. 4. Mapy izoliniowe rozkładu odczynu pH (**A**) i przewodności elektrolitycznej właściwej [μS/cm] (**B**) w wodach podziemnych w obrębie zlewni Brennicy

Fig. 4. Contour maps of pH distribution (**A**) and electrolytic conductivity of water [μS/cm] (**B**) in the groundwater within the Brennica river basin

pujące w piaskowcach warstw godulskich, jest mało podatne na zanieczyszczenie, na co dodatkowo wpływa krążenie wód w systemie szczelinowym. Czwartorzędowe piętro wodonośne występuje głównie w dolinach rzek oraz na Pogórzu Śląskim, czyli w miejscach bardziej narażonych na negatywne skutki działalności rolniczej. Sprzyja to przenikaniu do środowiska wodnego związków azotu i/lub fosforu, mogących przyczyniać się do wzrostu przewodności elektrolitycznej. Migrację zanieczyszczeń do wód podziemnych ułatwia dodatkowo brak utworów słabo przepuszczalnych w stropie warstwy wodonośnej.

Przyjmuje się, że przewodność mierzona w µS/cm odpowiada w przybliżeniu sumie rozpuszczonych w wodzie kationów i anionów w mg/dm^3, co z kolei można utożsamiać z ogólną mineralizacją wody (Macioszczyk, 1987). Pierwszy poziom wodonośny charakteryzuje się obecnością głównie wód zwykłych (słodkich), o mineralizacji <500 mg/dm^3. W północno-zachodniej części rozpatrywanej zlewni występują wody o mineralizacji podwyższonej (akratopegi), mieszczącej się w zakresie 500–1000 mg/dm^3. Bezpośrednio w obrębie badanego obszaru nie stwierdzono występowania wód mineralnych czy termalnych, jednakże ich obecności nie można wykluczyć w głębszym podłożu. W pobliskim Ustroniu, w osadach fliszowych piętra dewońskiego występują wysoko zmineralizowane solanki (Chowaniec & Witek, 2000) typu Cl-Na-Ca, często z podwyższoną zawartością jonów Br i J. Mineralizacja na głębokości 1108–1316 m wynosi 65–81 g/dm^3, a na 1550–1665 m – 126–135 g/dm^3. Warunki hydrogeochemiczne występujące w rejonie Ustronia wskazują na wysokie prawdopodobieństwo nawiercenia horyzontów z wodami leczniczymi w utworach dewonu w rejonie Brennej, o szacowanej mineralizacji około 140 g/dm^3 (Barbacki i in., 2008).

Stan środowiska naturalnego w rejonie Brennej można scharakteryzować ogólnie jako dobry, na co niewątpliwie wpływ ma położenie zlewni Brennicy w granicach obszarów chronionych. Podczas kartowania hydrogeologiczno-sozologicznego zarejestrowano niewiele potencjalnych ognisk zanieczyszczeń. Do najistotniejszych należy zaliczyć pojedyncze zrzuty ścieków z indywidualnych zbiorników asenizacyjnych, stanowiące zagrożenie dla jakości wód powierzchniowych i podziemnych. Można domniemywać, że są one m.in. przyczyną występowania bakterii z grupy *coli* w niektórych studniach ujmujących wody pierwszego poziomu wodonośnego (informacje własne).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Obszary górskie charakteryzują się zwykle znacznym zróżnicowaniem warunków hydrogeologicznych. W przypadku zlewni Brennicy uwidacznia się to występowaniem na niewielkich głębokościach dwóch pięter wodonośnych. Jak na obszary karpackie, region charakteryzuje się dość dobrą zasobnością w wodę. Sprzyja temu znaczna ilość opadów atmosferycznych oraz odsłonięcia gruboławicowych i porowatych piaskowców na znacznej części obszaru.

Celem ochrony zasobów wód podziemnych przed nieracjonalną, lokalnie nadmierną eksploatacją, a także uwzględniając konieczność zapewnienia w odpowiedniej ilości bezpiecznej pod względem sanitarnym wody do celów komunalnych, warto rozważyć budowę instalacji ujmowania i ewentualnego uzdatniania wód oraz rozwój sieci wodociągowej w tych rejonach, które dotychczas takim systemem nie są objęte. Mimo że poziom czwartorzędowy jest dość korzystny zasobowo, to wody piętra kredowego są mniej narażone na ewentualny wpływ negatywnych czynników antropogenicznych. Z tych powodów wskazania do budowy nowych ujęć w Beskidzie Śląskim przemawiają za ujmowaniem wód piętra kredowego. W takich przypadkach należy jednak mieć na uwadze większe trudności natury technicznej (wiercenie głębszych otworów, prowadzenie sieci wodociągowej w terenach o znacznym zróżnicowaniu rzeźby), których przezwyciężenie wymaga większych nakładów finansowych.

Prace badawcze realizowano częściowo w ramach badań statutowych Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH w Krakowie (11.11.140.026) oraz Katedry Geologii Złożowej i Górniczej AGH w Krakowie (14.14.140.021).

Autorzy serdecznie dziękują Recenzentom: Lidii Razowskiej-Jaworek i Piotrowi Siwkowi oraz Redaktorowi Naczelnemu Przeglądu Geologicznego Andrzejowi Gąsiewiczowi za niezwykle cenne i przydatne uwagi, spostrzeżenia i wskazówki.

LITERATURA

BARBACKI A., BUJAKOWSKI W., GRACZYK S., HOŁOJUCH G., KĘPIŃSKA B., PAJĄK L., POZIMSKA S. & TOMASZEWSKA B. 2008 – Program wykorzystania wód podziemnych, w szczególności termalnych i leczniczych, w wybranych obszarach województwa śląskiego. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, Kraków (http://www.slaskie.pl -> Plany rozwoju -> Geotermia).

BUJAKOWSKI W., PAJĄK L. & TOMASZEWSKA B. 2008 – Zasoby energii odnawialnej w województwie śląskim oraz możliwości ich wykorzystania. [W:] Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 24 (2/3): 409–426.

CHOWANIEC J. 2012 – Zasobność zbiorników wód podziemnych i możliwość ich wykorzystania w skali regionalnej. [W:] Szczepański A., Chowaniec J., Rajchel L., Górecki W., Sowiżdżał A. & Hajto M. (red.), Możliwości wykorzystania zasobów wodnych na obszarze Karpat. Materiały międzynarodowej konferencji naukowej. Tarnów, 9 listopada 2012 r. Wyd. Progress: 37–53.

CHOWANIEC J. & WITEK K. 2000 – Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Skoczów (1011). Państw. Inst. Geol., Warszawa: 10, 15–19.

CHOWANIEC J., FREIWALD P., PATORSKI R. & WITEK K. 2007 – Możliwości uzyskania zwykłych wód podziemnych w zachodniej części Polskich Karpat Fliszowych. [W:] XIII Sympozjum Współczesne Problemy Hydrogeologii. Cz. 2: Artykuły uczestników. Szczepański A., Kmiecik E., Żurek A. (red.). WGGIOŚ-AGH, Kraków: 413–420.

GUMIŃSKI R. 1948 – Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce. Prz. Meteorol. i Hydrolog., 1: 7–20.

KLECZKOWSKI A.S. (red.). 1990 – Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony (1 : 500 000). Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. AGH, Kraków.

KONDRACKI J. 2009 – Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa, s. 449.

MACIOSZCZYK A. 1987 – Hydrogeochemia. Wyd. Geol., Warszawa.

NOWICKI Z. & SADURSKI A. 2007 – Regionalizacja wód podziemnych Polski w świetle przepisów Unii Europejskiej. [W:] Paczyński B. & Sadurski A. (red.), Hydrogeologia regionalna Polski, tom 1, Wody Słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 95–105.

PACZYŃSKI B. 2007 – Podstawy regionalizacji hydrogeologicznej. [W:] Paczyński B., Sadurski A. (red.) Hydrogeologia regionalna Polski, tom 1, Wody Słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 56–69.

PAPIN M., TRZCIONKA A., LIBERA J., CELARY M. & KADRA J. 2008 – Opracowanie ekofizjograficzne dla Gminy Brenna w jej granicach administracyjnych.

RYŁKO W. & PAUL Z. 1992 – Mapa Geologiczna Polski 1 : 200 000, B – mapa bez utworów czwartorzędowych, arkusz Cieszyn. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

RYŁKO W. & PAUL Z. 1998 – Objaśnienia do Mapy Geologicznej Polski 1 : 200 000, arkusz Cieszyn. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

STUPNICKA E. 2007 – Geologia regionalna Polski. Wyd. UW, Warszawa, s. 346.

UNRUG R. 1969 – Przewodnik geologiczny po zachodnich Karpatach fliszowych. Wyd. Geol., Warszawa, s.260.

http://mjwp.gios.gov.pl.

Praca wpłynęła do redakcji 18.02.2014 r.
Akceptowano do druku 9.05.2014 r.