

PRACE
PAŃSTWOWEGO
INSTYTUTU
GEOLOGICZNEGO

Jan Prażak

*Pozycja hydrodynamiczna i znaczenie gospodarcze
dewońskich zbiorników wód podziemnych
w Górach Świętokrzyskich*

*Position of hydrodynamic and economic significance
of Devonian groundwater reservoirs
in the Holy Cross Mountains*

Tom 198

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2012

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	5
Położenie i charakterystyka terenu badań	6
Przegląd badań hydrogeologicznych	10
Budowa geologiczna.	12
Systemy wodonośne Gór Świętokrzyskich	14
Struktury wodonośne trzonu paleozoicznego.	15
Środkowo- i górnodewońskie zbiorniki wód podziemnych	18
Pozycja hydrodynamiczna zbiorników i ich parametry hydrogeologiczne	21
Chemizm i jakość wód podziemnych	44
Gospodarowanie wodami podziemnymi.	49
Położenie zbiorników środkowo- i górnodewońskich w rejonach wodnogospodarczych kraju.	49
Znaczenie gospodarcze zbiorników środkowo- i górnodewońskich	49
Zagrożenia stanu chemicznego wód podziemnych	52
Zagrożenia stanu ilościowego wód podziemnych	54
Zagrożenia wynikające z nadmiernej eksploatacji ujęć	54
Odwodnienia górnicze i wykorzystanie wód kopalnianych	55
Zasady ochrony środkowo- i górnodewońskich zbiorników wód podziemnych	56
Główne Zbiorniki Wód Podziemnych (GZWP) wymagające szczególnej ochrony	56
Działania ochronne	57
Znaczenie planów przestrzennego zagospodarowania w ochronie wód podziemnych	57
Monitoring wód podziemnych	59
Monitoring stanu chemicznego wód podziemnych	59
Monitoring stanu ilościowego wód podziemnych	62
Uwagi w sprawie metodyki ustalania zasobów wód podziemnych	63
Uwagi w sprawie metodyki obliczeń zawodnienia wyrobisk górniczych	64
Podsumowanie	64
Literatura	65
Summary	71

Jan PRAŻAK
Państwowy Instytut Geologiczny –
Państwowy Instytut Badawczy
Oddział Świętokrzyski
ul. Zgoda 21
25-953 Kielce
e-mail: jan.prazak@pgi.gov.pl

Abstrakt. Góry Świętokrzyskie są położone w południowo-wschodniej części Polski i wyróżniają się skomplikowaną budową geologiczną. Wyodrębnia się w nich waryscyjski trzon paleozoiczny i obrzeżenie mezozoiczne o strukturach alpejskich. Praca obejmuje hydrogeologię trzonu paleozoicznego, ze szczególnym uwzględnieniem środkowo- i górnodewońskich zbiorników wód podziemnych. Są one podstawowymi zbiornikami wody dla ludności, rolnictwa i przemysłu, a zwłaszcza liczących 200 tys. mieszkańców Kielc.

W wyniku szczegółowej analizy hydrodynamiki poszczególnych części poziomu środkowo- i górnodewońskiego oraz w nawiązaniu do innych wcześniejszych prac własnych autor wydzielił dwanaście odrębnych zbiorników wód podziemnych i wyznaczył ich obszary bilansowe. Ustalone bądź oszacowane łączne zasoby odnawialne wynoszą 12 131 m³/h, w tym dyspozycyjne 8467 m³/h. Pobór wody na ujęciach komunalnych i przemysłowych kształtuje się w ilości 2437 m³/h, a rezerwa zasobów dyspozycyjnych około 3045 m³/h.

Słowa kluczowe: zbiorniki wód podziemnych, hydrogeologia regionalna, dewon, Góry Świętokrzyskie.

WPROWADZENIE

W Górach Świętokrzyskich dewońskie zbiorniki wód podziemnych występują w ich trzonie paleozoicznym. W piętrze dewońskim korzystnymi parametrami hydrogeologicznymi wyróżnia się poziom środkowo- i górnodewoński, zbudowany z wapieni i dolomitów dewonu środkowego i niższej części dewonu górnego – franu, który na tym obszarze ma główne znaczenie użytkowe z punktu widzenia zasobów wodnych. Na obrzeżeniu permsko-mezozoicznym poziom ten występuje lokalnie, gdzie odsłania się częściowo w zrębach tektonicznych. Stanowi tam jednak już tylko element składowy młodszych, permsko-mezozoicznych struktur wodonośnych. Dla niemal całej części paleozoicznej Gór Świętokrzyskich dewońskie zbiorniki wód podziemnych są jedynym źródłem wody dla celów komunalnych, rolnictwa i przemysłu, a zbiorniki w zachodniej części rozpatrywanego obszaru są podstawowym źródłem wody dla dwustutysięcznego miasta Kielce. Ich znaczenie gospodarcze, pomimo

rozcłonkowania w licznych strukturach fałdowych i często niezbyt dużego rozprzestrzenienia jest tak duże, że w ramach Centralnego Programu Badań Podstawowych CPBP 04.10 *Ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczego*, Podprogramie 04.10.09 *Strategia ochrony wód podziemnych* realizowanego w latach 1986–1989, aż cztery z nich uznano za główne zbiorniki wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagające szczególnej ochrony (Kleczkowski, red., 1990a, b). Jednocześnie w niektórych rejonach dewońskie skały węglanowe stanowią kopaliny i są wydobywane dla potrzeb drogownictwa, budownictwa, przemysłu wapienniczego, cementowego i cukrowniczego. Ich eksploatacja wymaga często głębokich odwodnień, zaburzających naturalne stosunki wodne. Warunki hydrogeologiczne w zbiornikach i na obszarach ich zasilania są bardzo zmienne, a każdy z nich ma swoje indywidualne cechy, które należy brać pod uwagę w planach zagospodarowania i ochrony zasobów wodnych.

Wody podziemne mają z reguły dobry kontakt hydrauliczny z wodami powierzchniowymi, a przepływy rzek w okresach bez opadów są limitowane przez odpływ podziemny. Zachowanie przepływów nienaruszalnych rzek, lub ciągłości przepływu, powinno być zawsze brane pod uwagę przy ustalaniu zasobów dyspozycyjnych poszczególnych zbiorników. Jest to szczególnie ważne ze względu na dominujący w obszarze dobry kontakt hydrauliczny wód powierzchniowych i podziemnych oraz możliwość pozyskiwania dodatkowych zasobów, pochodzących z infiltracji wód powierzchniowych.

Warunki hydrogeologiczne dewońskich zbiorników wód podziemnych i obszarów ich zasilania od lat były przedmiotem badań, których wyniki są zamieszczone w licznych publikacjach i opracowaniach archiwalnych. Szczególnie dużo wiedzy o hydrogeologii tych zbiorników wniosły serijne mapy hydrogeologiczne w skalach 1:200 000 i 1:50 000. Wśród nich wyróżnia się wykonana w latach 1996–2006, w wersji GIS/Intergraph, Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000. Mapa jest uzupełniana o nowe warstwy informacyjne: występowanie i hydrodynamika pierwszego poziomu wodonośnego oraz wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód pierwszego poziomu wodonośnego.

W niniejszej pracy skoncentrowano się na rozpoznaniu pozycji środkowo- i górnodewońskich zbiorników wód pod-

ziemnych w systemie wodonośnym Gór Świętokrzyskich. Szczególną uwagę poświęcono ustaleniu ich zewnętrznych obszarów zasilania i identyfikacji stref drenażu. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń w dokumentowaniu zasobów odnawialnych, dyspozycyjnych i eksploatacyjnych wód podziemnych oraz obserwowanych reakcji systemu wodonośnego na pobór wód podziemnych i odwodnienia wyrobisk kopalń odkrywkowych oceniono wiarygodność stosowanych metod badawczych i prognoz eksploatacyjnych.

Duże znaczenie gospodarcze omawianych zbiorników wymaga ochrony dobrego stanu chemicznego występujących w nich wód podziemnych. Prowadzone działania ochronne opisano w kategoriach identyfikacji istniejących zagrożeń i likwidacji zanieczyszczeń. Osobną uwagę poświęcono roli planów zagospodarowania przestrzennego w ochronie wód podziemnych.

Podziękowania. Autor składa podziękowanie profesorowi Andrzejowi Szczepańskiemu i profesorowi Andrzejowi Sadurskiemu za dyskusję i krytyczne uwagi, które w istotnym stopniu przyczyniły się do udoskonalenia opracowania.

POŁOŻENIE I CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Wszystkie dewońskie struktury wodonośne trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich znajdują się w województwie świętokrzyskim. Mieszczą się w granicach powiatów: kieleckiego, skarżyskiego, ostrowieckiego, opatowskiego, sandomierskiego i staszowskiego (fig. 1). Zagospodarowanie terenu ma charakter wybitnie rolniczo-leśny, z wyjątkiem najbardziej zachodniej części, gdzie dominuje zabudowa miejsko-przemysłowa Kielc. Poza Kielcami zakłady przemysłowe spotyka się rzadko i są stosunkowo niewielkie. Po 1990 r. ich ilość i rodzaj ulega ciągłym zmianom. Część z nich zaprzestała swej działalności lub zmieniło profil produkcji. Na obszarze paleozoiku świętokrzyskiego ważną rolę gospodarczą pełni także górnictwo odkrywkowe i towarzyszące mu zakłady przetwórcze. Eksploatowane są wapienie, dolomity, margle, piaskowce kwarcowe i piaski dla przemysłu cementowo-wapienniczego, cukrowniczego, budowlanego i drogownictwa. Największe kopalnie wapieni, margli i dolomitów skupione są na terenie tzw. Białego Zagłębia, położonego na południe od Kielc. Znajduje się tam pięć zakładów górniczych, z których dwa eksploatują wapienie i margle dla potrzeb znajdujących się w pobliżu dużych zakładów cementowo-wapienniczych w Nowinach i Trzuskawicy. Lasy pokrywają około 30% powierzchni terenu.

Obszar badań należy do prowincji geograficznej Wyżyny Polskie, podprowincji Wyżyna Małopolska, makroregionu Wyżyna Kielecka, mezoregionów Góry Świętokrzyskie

i Wyżyna Sandomierska (Kondracki, 2001). Mezoregion Góry Świętokrzyskie jest wyżyną struktur fałdowych z wyniesionymi pasmami wzgórz o przebiegu WNW–ESE, który jest zgodny z rozciągłością struktur geologicznych. Pasma wzgórz są zbudowane z bardziej odpornych na wietrzenie kambryjskich i dolnodewońskich piaskowców kwarcytowych oraz środkowo- i górnodewońskich wapieni i dolomitów z tym, że najwyższe z nich – Pasma Główne lub Łysogóry z piaskowców kwarcowych (nazywanych także kwarcytami) kambriu. Idąc od północy, są to: Pasma Klonowskie, Pasma Świętokrzyskie (w części zachodniej Pasma Masłowskie, centralnej Pasma Łysogórskie, a we wschodniej Pasma Jeleniowskie), Pasma Pośłowicko-Dymińskie, Pasma Orłowińskie i Wygiełzowskie (fig. 2). Pokrywają je zwarte kompleksy leśne, a rzędne najwyższych wzniesień wynoszą od około 400 m do ponad 600 m n.p.m. Najwyższe jest Pasma Łysogórskie z Górą Łysicą o wysokości 612 m n.p.m. W północno-wschodniej części terenu rozciąga się natomiast płaska Wyżyna Sandomierska z pokrywą lessową, o rzędnych 200–250 m n.p.m., porożcinana licznymi wąwozami oraz dolinami rzek i cieków. Góry Świętokrzyskie znajdują się na pograniczu dwóch regionów klimatycznych: XX zachodniomałopolskiego i XXI wschodniomałopolskiego (Najgrakowski, red., 1993). Temperatury średnie roczne powietrza wynoszą 7–8°C. Okres ze średnią temperaturą dobową poniżej 0°C (zima termiczna) trwa 80–100 dni, najdłużej w Paśmie Łysogór. Roczne sumy opadów atmosferycznych kształtują się średnio od



Fig. 1. Położenie trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich w jednostkach administracyjnych województwa świętokrzyskiego

Location of the Paleozoic core of the Holy Cross Mountains in the administrative units of the Świętokrzyskie Voivodeship

550 mm w południowo-wschodniej części terenu do 950 mm w Paśmie Łysogór. Średni czas zalegania pokrywy śnieżnej wynosi około 70 dni. Przeważają wiatry zachodnie i południowo-zachodnie.

Sieć rzeczna jest stosunkowo dobrze rozwinięta, a jej układ regionalny jest uwarunkowany czynnikami geologicznymi i młodą mobilnością tektoniczną Gór Świętokrzyskich. Podczas orogenezy laramijskiej na przełomie kredy i paleocenu trzon paleozoiczny Gór Świętokrzyskich wraz z pokrywającymi go skałami mezozoicznymi został wyniesiony i utworzył wielkopromienną kopulastą strukturę o dłuższej osi NW–SE. Na obwodzie wyniesionej struktury powstały doliny rzek: Kamiennej, Nidy oraz Wisły i Pilicy, zasilane spływającymi do nich promieniście dopływami. Na północnych stokach Pasma Świętokrzyskiego (pasma: Masłowskie, Łysogórskie i Jeleniowskie) biorą swój początek rzeki: Bobrza, Pokrzywianka (dopływ Kamiennej) i Opatówka, a na południowych Lubrzanka i Belnianka (dopływy Czarnej Nidy), Czarna Staszowska i Koprzywianka. Doliny rzek zostały nałożone na ciągnące się w kierunku WNW–ESE i odsłonięte w wyniku erozji fałdowe struktury trzonu paleozoicznego. W młodszym kenozoiku zaznaczyła się aktywność neotektoniczna terenu, która wymusiła częściowe zmiany w sieci rzecznej. Zdolność erozyjna rzek była mniejsza niż aktywność pionowych ruchów tektonicznych wzdłuż uskoku podłużnych, powodujących powstawanie rowów i depresji tektonicznych. W efekcie rzeki zaczęły zmieniać swój układ z poprzecznego na równoległy do powstałych przeszkód. Przez zaznaczające się w morfologii wzniesienia rzeki przepływały w strefach rozluźnień tektonicznych skał związanych z poprzecznymi uskokami i rowami tektonicznymi,

tworząc rozbijającą ciągłość pasm górskich przełomy (fig. 2) (Kowalski, 1995, 2000a, b, 2001).

Trzon paleozoiczny Gór Świętokrzyskich z dewońskimi zbiornikami wód podziemnych znajduje się w lewobrzeżnej części zlewni Wisły i przynależy do dwóch regionów wodnych (RW). Znaczny fragment północnej części terenu, który jest położony w zlewni II rzędu rzeki Kamiennej należy do regionu wodnego środkowej Wisły. Pozostałe tereny położone na południe od działu wodnego biegnącego przez najwyższe pasma Gór Świętokrzyskich, znajdujące się w zlewniach II rzędu: Nidy, Czarnej Staszowskiej, Koprzywianki i Opatówki należą do regionu wodnego górnej Wisły (fig. 2). Region wodny środkowej Wisły znajduje się w obszarze działania Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej (RZGW) w Warszawie, natomiast RW górnej Wisły w obszarze działania RZGW w Krakowie.

Na tle dotychczasowych regionalizacji hydrogeologicznych dewońskie zbiorniki wód podziemnych w trzonie paleozoicznym Gór Świętokrzyskich należą do następujących obszarów/regionów/masywów:

- obszaru świętokrzyskiego, regionów: kieleckiego, checińskiego, kielecko-łagowskiego, bodzentyńskiego, orłowski-klimontowsko-łysogórskiego i dymińskiego (Kolago, 1970);
- regionu świętokrzyskiego (Malinowski, red., 1991; Żak, 1976, 1991);
- masywu świętokrzyskiego (Kleczkowski, 1988, 1990a, b);
- regionu środkowomałopolskiego (X), subregionu świętokrzyskiego (X₁) (Paczyński, red., 1993, 1995);
- regionu środkowej Wisły – subregionu wyżyny, część centralna (Paczyński, Sadurski, red., 2007; Prażak, 2007a).

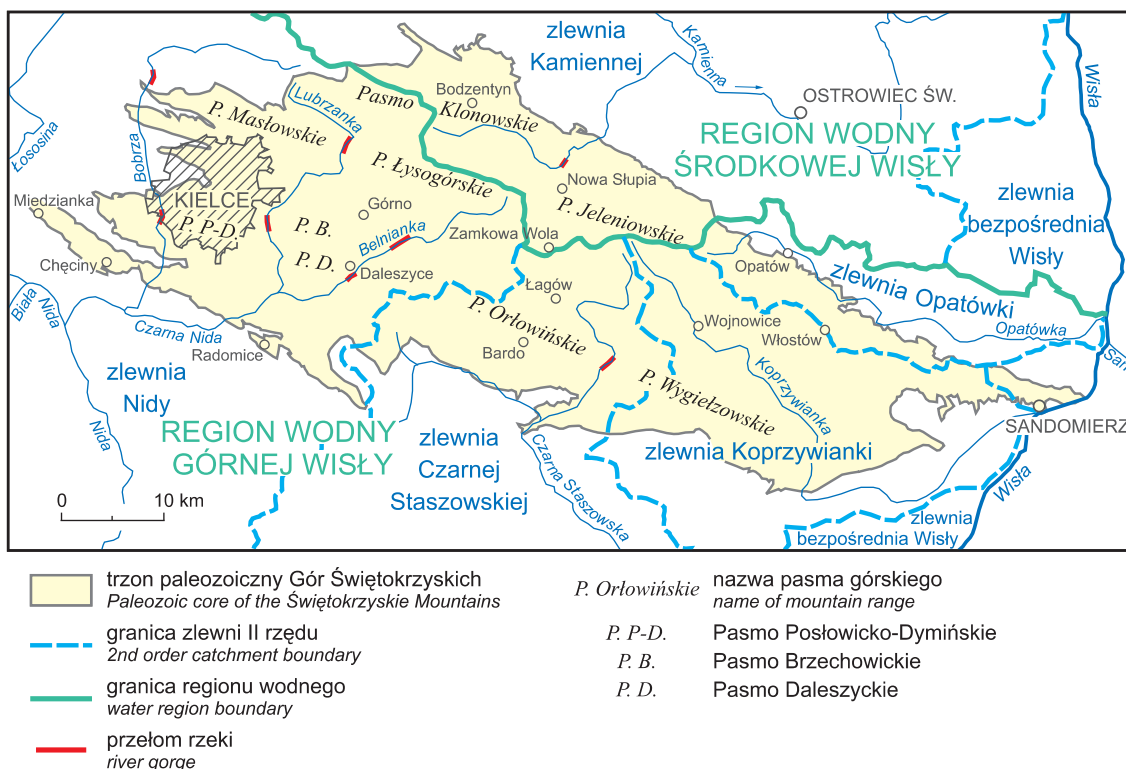


Fig. 2. Położenie trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich w zlewniach lewobrzeżnych dopływów Wisły

Location of the Paleozoic core of the Holy Cross Mountains in the left-side tributaries of the Vistula River catchment

Na powyższe nazwy omawianego regionu hydrogeologicznego powołują się autorzy licznych publikacji i opracowań regionalnych z tym, że w ostatnich latach najczęściej jest używana, przyjęta za Atlasem hydrogeologicznym Polski, nazwa subregion świętokrzyski (Paczyński, red., 1993, 1995) (fig. 3), a od 2007 r. obszar badań określany jest także

jako fragment centralnej części subregionu środkowej Wisły – wyżynnego (Paczyński, Sadurski, red., 2007; Prażak, 2007a) (fig. 4).

Zgodnie z wymogami Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW) Unii Europejskiej, dokonano podziału Polski na jednolite części wód podziemnych (JCWPd), w których kontro-



Fig. 3. Położenie subregionu świętokrzyskiego (X₁) na tle regionalizacji zwykłych wód podziemnych Polski (Paczyński, red., 1993, 1995)

Location of the Świętokrzyskie Subregion (X₁) on the background of hydrogeological regionalization of fresh groundwater of Poland (Paczyński, ed., 1993, 1995)

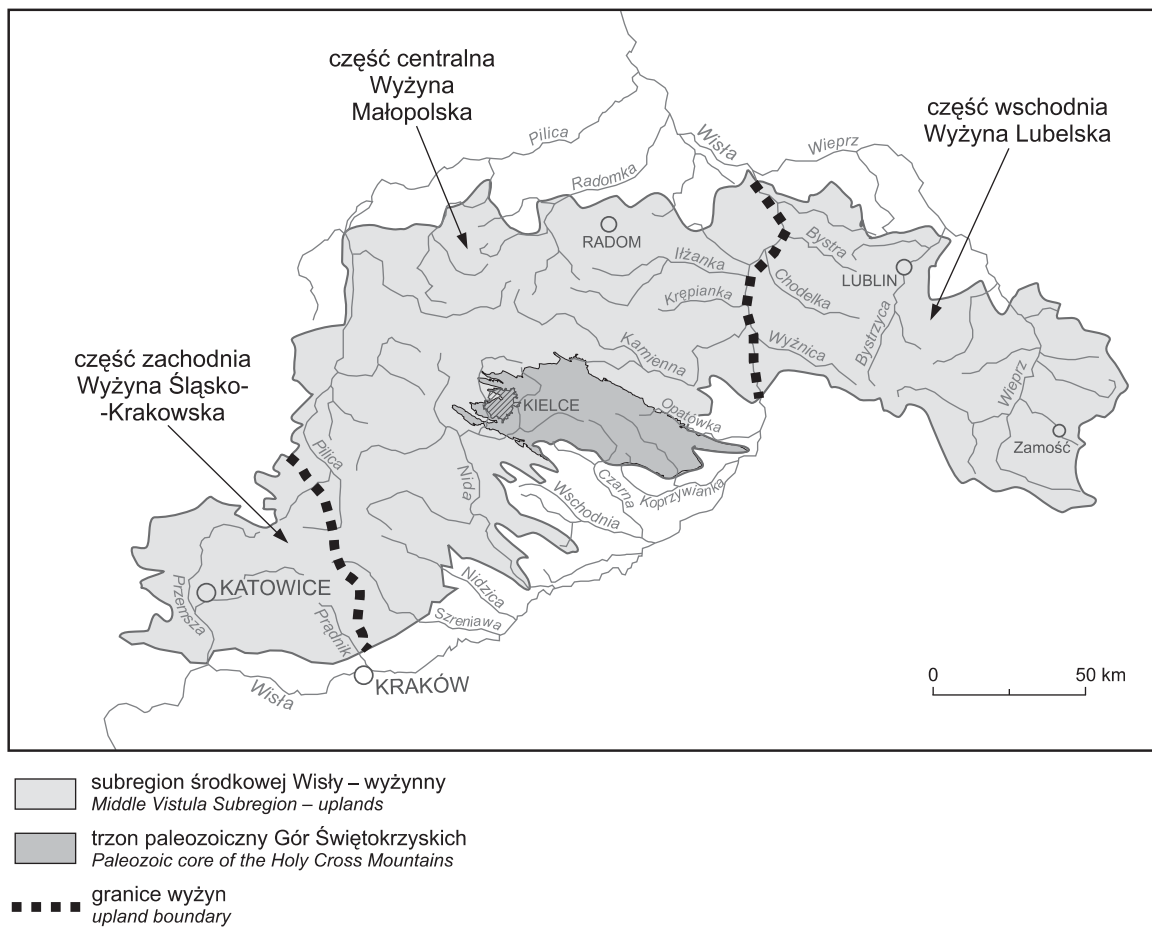


Fig. 4. Położenie trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich w subregionie hydrogeologicznym środkowej Wisły – wyżynnym (Paczyński, Sadurski, red., 2007)

Location of the Paleozoic core of the Holy Cross Mountains in the Middle Vistula Subregion – uplands (Paczyński, Sadurski, eds., 2007)

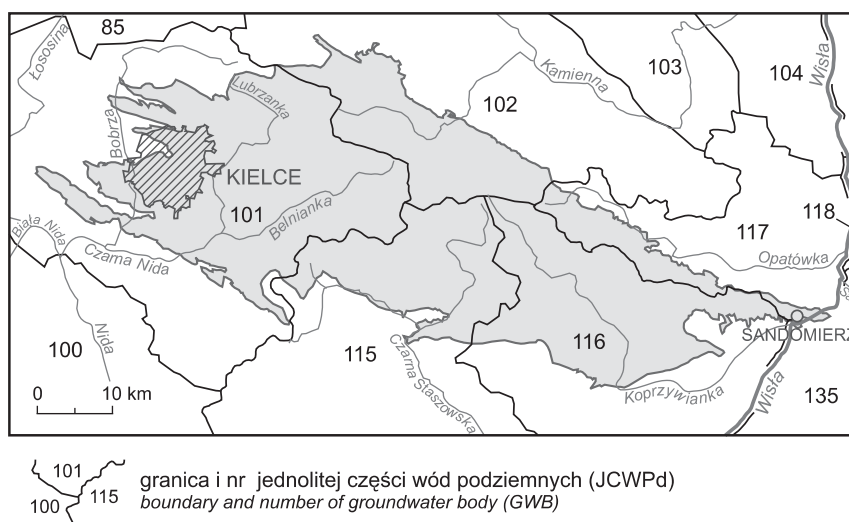


Fig. 5. Położenie trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich w jednolitych częściach wód podziemnych (JCWPd) wg podziału Polski na 172 JCWPd (Nowicki, red., 2009)

Location of the Paleozoic core of the Holy Cross Mountains on the background of groundwater bodies (GWB) according to the Polish division into 172 GWB (Nowicki, ed., 2009)

lowany jest ich stan ilościowy i chemiczny. W podziale kraju na 172 JCWPd trzon paleozoiczny Gór Świętokrzyskich znajduje się aż w pięciu JCWPd (fig. 5). Obejmują one w całości lub w części zlewnie powierzchniowe (i podziemne) II lub III rzędu w dorzeczu Wisły, w kolejności:

- JCWPd 101 – zlewnia Czarnej Nidy,
- JCWPd 102 – zlewnia Kamiennej,
- JCWPd 115 – zlewnia Czarnej Staszowskiej,
- JCWPd 116 – zlewnia Koprzywianki,
- JCWPd 117 – zlewnia Opatówki.

PRZEGLĄD BADAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH

Pierwsze informacje o warunkach hydrogeologicznych subregionu świętokrzyskiego pochodzą z badań prowadzonych w związku z budową ujęć wód podziemnych w latach dwudziestych XX wieku. Wyniki próbnych pompowań otworów studziennych służyły do obliczeń parametrów hydrogeologicznych warstw wodonośnych. Pierwsze studnie głębinowe ujmujące wodę z wapieni dewonu środkowego wykonano dla kamieniołomu w Jaworzni koło Kielc i elektrowni w Kielcach. Większą liczbę otworów odwiercono jednak dopiero po 1955 r., z tym że najwięcej w latach 1970–1980. Wykonywano je dla zaopatrzenia w wodę wodociągów komunalnych i wiejskich, zakładów przemysłowych, szkół, stacji i podstacji kolejowych i innych użytkowników.

Budowa coraz większej liczby studzien i wzrastające zapotrzebowanie na wodę spowodowało, że dla potrzeb planowania i prowadzenia gospodarki wodnej konieczna stała się wiedza o regionalnych zasobach wód podziemnych i możliwościach ich zagospodarowania. W pierwszej kolejności ustalono je dla obszaru synkliny gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej (Maszoński, Żak, 1968), powiatów Opatów i Sandomierz (Belcarz i in., 1970), a następnie dla całego regionu świętokrzyskiego (Kurdziel i in., 1970). W dalszej kolejności ustalono zasoby dla zachodniej części województwa tarnobrzesckiego (wschodnia część subregionu) (Prażak, Taszek, 1981), które zaktualizowano w 1997 r. (Cichecka, 1997a) i województwa kieleckiego (centralna i zachodnia część subregionu) (Ginalska-Prokop, 1990), a dla najbardziej północnej części terenu położonego w zlewni Kamiennej, opracowano „Dokumentację hydrogeologiczną zasobów wód podziemnych w kategorii C perspektywicznych rejonów do budowy dużych ujęć w celu zaopatrzenia w wodę miast i osiedli na terenie zlewni rzeki Kamiennej” (Prażak, Taszek, 1977). Należy podkreślić, że we wszystkich wyżej wymienionych opracowaniach przynajmniej jedną z metod obliczeniowych była metoda odpływu podziemnego do rzek, w zlewniach obejmujących tereny badań.

Od 1994 r., tj. od czasu wejścia w życie nowej ustawy Prawo geologiczne i górnicze, rozpoczęto dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych. Zostały one ustalone dla zachodniej części subregionu w rejonie eksploatacji Kielce i dla wschodniej części położonej w zlewniach Koprzywianki, Opatówki, Czarnej Staszowskiej i Wschodniej (Prażak, 1994a; Szczerbicka i in., 2001; Staśko i in., 2007).

Ocena zasobów wód podziemnych jest prowadzona także na zlecenie Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej

(RZGW) na potrzeby sporządzania warunków korzystania z wód dorzecza. Dla części subregionu położonego w zlewni rzeki Kamiennej, podlegającej RZGW w Warszawie, opracowano identyfikację stanu i problemów gospodarki wodnej (Prażak i in., 1993), bilans wodnogospodarczy (Więzik, 1994), propozycję warunków korzystania z wód podziemnych (Prażak, 1994b) i warunki korzystania z wód dorzecza (Słota, 1994), natomiast część terenu w zlewni rzeki Koprzywianki, podległa RZGW w Krakowie, ma opracowany bilans wód podziemnych (Witczak, 1996).

Osobną grupę opracowań regionalnych stanowią dokumentacje hydrogeologiczne głównych zbiorników wód podziemnych wymagających szczególnej ochrony. W granicach subregionu świętokrzyskiego znajdują się cztery środkowo- i górnodewońskie GZWP (Prażak, Szczepański, 1991). Priorytety ochrony wód podziemnych w skomplikowanych warunkach hydrogeologicznych regionu środkowomałopolskiego, w tym subregionu świętokrzyskiego, zostały wskazane w opracowaniu „Strategia biernej ochrony wód podziemnych w regionie środkowomałopolskim (Prażak i in., 1998).

Regionalne badania hydrogeologiczne są też od lat prowadzone w południowo-zachodniej części subregionu na obszarze synkliny gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej (teren Białego Zagłębia koło Kielc). Są one tam ukierunkowane głównie na ocenę wpływu odwodnień górniczych na stosunki wodne i zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych (Kleczkowski i in., 1978; Szczepański, 1982, 1984; Herman i in., 1991; Prażak, 1990; Prażak i in., 2005).

Omawiany teren jest objęty kilkoma edycjami map hydrogeologicznych. Pierwsza była wykonana w latach 1960–1961. Była to *Szczegółowa mapa hydrogeologiczna Polski* w skali 1:50 000, arkusze: Kielce (Maszoński, 1961), Staszów (Turek, 1960) i Klimontów (Turek, 1961). W następnych latach zaniechano tej edycji, a w zastępstwie wzbogacono o szkic hydrogeologiczny *Szczegółową mapę geologiczną Polski* w skali 1:50 000. Niemal w tym samym czasie opracowano *Przeglądową mapę hydrogeologiczną Polski* w skali 1:300 000, arkusz Kielce (Maszoński, 1962). Kolejną edycją była *Mapa hydrogeologiczna Polski* w skali 1:200 000, arkusze: Kielce, Sandomierz i Mielec (Maszoński, 1983a, b; Markiewicz, 1984a, b; Chmielewska, 1984a, b). W 1995 r. rozpoczęto realizację *Mapy hydrogeologicznej Polski* w skali 1:50 000 w cyfrowej technice GIS/Intergraph. Paleozoik Gór Świętokrzyskich obejmują arkusze: 779 Skarżysko Kamienna (Wróblewska, Prażak, 2002); 814 Piekoszów (Prażak, 1997a); 815 Kielce (Prażak, 1997b); 816 Bodzentyn (Wróblewska,



KIELCE arkusz mapy w skali 1:200 000
map sheet 1:200 000

850 arkusz mapy w skali 1:50 000
Chęciny map sheet 1:50 000

Fig. 6. Skorowidz arkuszy map geologicznych i hydrogeologicznych w skali 1:200 000 i 1:50 000, obejmujących trzon paleozoiczny Gór Świętokrzyskich

Index of geological and hydrogeological maps at 1:200 000 and 1:50 000 covering the Paleozoic core of the Holy Cross Mountains

Herman, 1997); 817 Słupia Nowa (Wróblewska, Herman, 2002a); 818 Ostrowiec Świętokrzyski (Wróblewska, Herman, 2002b); 850 Chęciny (Herman, 1997a); 851 Morawica (Herman, 1997b); 852 Daleszyce (Herman, 1997c); 853 Łagów (Wróblewska, Herman, 2000a); 854 Opatów (Wróblewska, Herman, 2000b); 855 Sandomierz (Cichecka, 2000); 856 Zawichost (Cichecka, 1997b); 886 Staszów (Kos, 1997a); 887 Klimontów (Kos, 1997b); 888 Tarnobrzeg (Perek, 1997). Po zakończeniu podstawowej wersji mapy, w 2002 r. rozpoczęto opracowywanie kolejnych warstw informacyjnych: PPW – pierwszy poziom wodonośny, WJ – wrażliwość i jakość. Prace te są aktualnie kontynuowane. Skorowidz arkuszy map w skali 1:200 000 i 1:50 000, obejmujących trzon paleozoiczny Gór Świętokrzyskich, pokazano na [figurze 6](#).

Warunki hydrogeologiczne i skład chemiczny wód podziemnych oraz stopień ich zagrożenia ulegają ciągłym zmianom, wynikającym z uwarunkowań naturalnych i powodowanych działalnością człowieka. Stany wód podziemnych są obserwowane przez Państwowy Instytut Geologiczny w punktach Sieci Obserwacyjnej Wód Podziemnych (dawny SOH) i w punktach obserwacyjnych sieci lokalnych usytuowanych wokół niektórych ujęć i odwadnianych kopalń odkrywkowych. Skład chemiczny i jakość wód są sprawdzane od 1991 r. w punktach badawczych monitoringu jakości zwykłych wód podziemnych sieci krajowej, a w latach 1992–2005 były również w sieci regionalnej w województwie świętokrzyskim (dawnym kieleckim) (Prażak i in., 1996). Wyniki badań stanu chemicznego wód są publikowa-

ne przez WIOŚ w Kielcach w raportach o stanie środowiska w województwie świętokrzyskim (Stan środowiska..., 1997–2006). Badania jakości wód podziemnych są także prowadzone w ramach monitoringów lokalnych funkcjonujących wokół licznych, najbardziej istotnych ognisk zanieczyszczeń.

Hydrogeologia dewońskich zbiorników wód podziemnych od lat jest przedmiotem licznych badań naukowych obejmujących dynamikę i zasoby wód podziemnych w zbiornikach szczelinowo-krasowych, zmienność składu chemicznego wód i racjonalną gospodarkę wodną na obszarach aktualnego i prognozowanego wpływu odwodnień górniczych na stosunki wodne oraz problematykę zagrożenia jakości wód i migracji zanieczyszczeń. Obok licznych publikacji i opracowań archiwalnych można przytoczyć sześć rozpraw doktorskich: Hydrogeologia Łysogór (Rogaliński, 1972), Hydrogeologia niecki bodzentyńskiej w Górach Świętokrzyskich (Mochon, 1988d), Wpływ intensywnej eksploatacji wód podziemnych na stopień ich potencjalnego zagrożenia w południowym skrzydle synkliny kieleckiej (Prażak, 1994c), Hydrogeologiczne własności węglanowych skał dewońskich w regionie świętokrzyskim (Rzonca, 2001a), Ocena migracji benzenu w wodach podziemnych na podstawie badań modelowych w wybranym obszarze zbiornika GZWP 417 Kielce (Knez, 2007) i Metodyka zlewniowego bilansowania zasobów wód podziemnych na przykładzie zlewni Koprzywianki (Szkłarczyk, 2008).

BUDOWA GEOLOGICZNA

Region świętokrzyski składa się z trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich i otaczającego go od północnego wschodu, zachodu i południowego zachodu obrzeżenia permsko-mezozoicznego. Na północy region graniczy z niecką mazowiecką, na zachodzie i południowym zachodzie z niecką łódzko-miechowską, na północnym wschodzie z niecką lubelsko-radomską, a na południu z zapadliskiem przedkarpackim (fig. 7).

Granice obszaru trzonu paleozoicznego są zbliżone, choć nie pokrywają się w pełni z granicami geograficznego mezoregionu Góry Świętokrzyskie. Zwyczajowo jednak jest on utożsamiany z tą jednostką geograficzną. Od otoczenia wyróżnia się skomplikowaną budową geologiczną. Obecny obraz tektoniki fałdowej i dysjunktywnej oraz duża zmienność litologiczna skał, nawet w obrębie tych samych ogniw stratygraficznych jest wynikiem bogatej, sięgającej prekambriu historii geologicznej obszaru.

Już w 1919 r. J. Czarnocki wydzielił w paleozoiku Gór Świętokrzyskich dwie jednostki tektoniczno-facjalne: północną łysogórską i południową kielecką (Czarnocki, 1919). Późniejsze badania wykazały, że powstały one na założeniu dwóch terranów (bloku łysogórskiego i bloku małopolskiego) w strefie szwu transeuropejskiego (TESZ), rozdzielającego kraton wschodnioeuropejski od młodszych pasów fałdowych Europy Środkowej (Berthelsen, 1992). Jednostka kielecka należała do północnej części bloku małopolskiego. Jednostka łysogórska była natomiast częścią kratonu wschodnioeuropejskiego (Tomczyk, 1988; Dadlez i in., 1994; Jaworowski, Sikorska, 2004) lub oddzielnym terranem (Pożaryski, 1990; Unrug i in., 1999; Nawrocki, 2006). Inni badacze wskazują zaś na silne powiązania obu bloków z paleokontynentem Baltiki (Malinowski i in., 2005). Ostateczne połączenie dwóch odrębnych bloków nastąpiło prawdopodobnie dopiero w późnym kambrze lub na przełomie kambru i ordowiku (Mizerski, 1995; Belka i in., 2002) lub w późnym kambrze (Kowalczewski, 1990; Szczepanik i in., 2004; Kowalczewski i in., 2006). Obszar ten jednak nadal nie był wewnętrznie stabilny, o czym świadczy dalsze zróżnicowanie facjalne młodszych osadów ordowiku, syluru i dewonu (Malec, 2006; Narkiewicz i in., 2006; Trela, 2006). Na nich leżą osady dewonu, niezgodnie w części kieleckiej i z dużymi lukami sedimentacyjnymi w części łysogórskiej. Utwory karbonu dolnego zachowały się natomiast tylko w jednostce kieleckiej. Na początku sedimentacji tych osadów trwało jeszcze zróżnicowanie dna morskiego na partie basenowe i wyniesione bloki (Żakowa, 1980, 1981; Żakowa i in., 1985; Migaszewski, 1995; Żakowa, Migaszewski, 1995). Ujednoczenie facji na głębokim poziomie nastąpiło dopiero pod koniec turneju (Szulczewski, 1995).

Granice pomiędzy jednostkami łysogórską i kielecką stanowią uskoki świętokrzyski, wzdłuż którego osady kambru łysogórskiego zostały później nasunięte na utwory dewonu, w należącym do jednostki kieleckiej synklinorium kielecko-łagowskim (Stupnicka, 1988, 1992; Tomczyk, 1988; Pożaryski, 1990; Pożaryski i in., 1992; Unrug i in., 1999; Mastella,

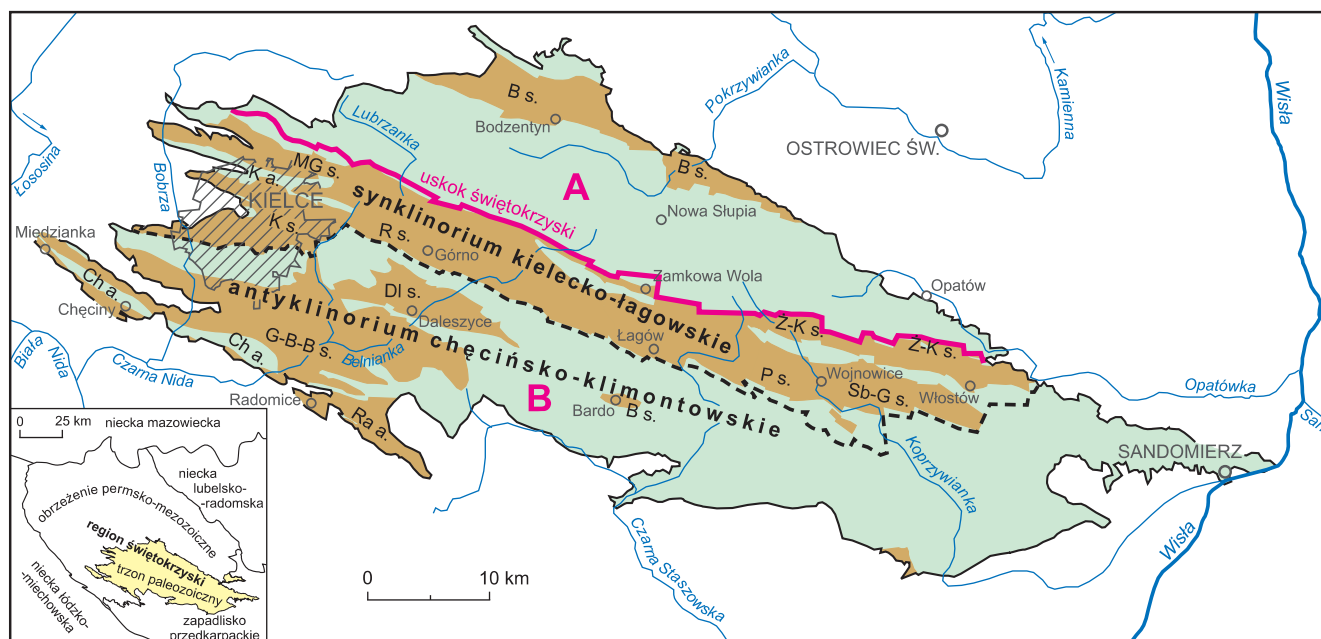
Mizerski, 2002; Lamarche i in., 2003; Konon, 2006) (fig. 7). Według innych badaczy faktyczna granica pomiędzy blokami (regionami) kieleckim i łysogórskim, ustalona na podstawie danych dotyczących paleotermiki skał paleozoicznych, biegnie w podłożu synklinorium kielecko-łagowskiego, na południe od uskoku świętokrzyskiego (Narkiewicz, Malec, 2005; Malec, 2006).

Po późnym wizeniu obszar Gór Świętokrzyskich został wyniesiony i sfałdowany. Niezależnie od kaledońskich zaburzeń fałdowych i dysjunktywnych skał starszego paleozoiku, na całym obszarze dominuje fałdowy charakter przekształceń wieku waryscyjskiego (Pożaryski, 1990; Mizerski, Orłowski, 1993; Mizerski, 2004). Osie fałdów w większości są równoległe do uskoku świętokrzyskiego. W jednostce kieleckiej fałdy są zgrupowane w przylegającym do jednostki łysogórskiej synklinorium kielecko-łagowskim i położonym bardziej na południe antyklinorium klimontowskim (fig. 7). Na etapie formowania fałdów powstał szereg uskóków podłużnych i poprzecznych, odnowionych w późniejszej fazie laramijskiej orogenezy alpejskiej (Czarnocki, 1919, 1938; Samsonowicz, 1926; Kowalczewski i Rubinowski, 1962; Kowalczewski, 1963, 1971, 1981; Tomczyk, 1974; Filonowicz, 1980b; Konon, 2006). W tej ostatniej oprócz odnowienia starych, powstały także nowe fałdy i uskoki.

Wykształcenie litologiczne skał paleozoicznych jest zróżnicowane, co wynika z bardzo zmiennych w czasie i przestrzeni warunków ich sedimentacji (tab. 1).

Od późnego karbonu, aż do końca permu, obszar Gór Świętokrzyskich był wyniesiony i trwała erozja skał pofałdowanych w orogenezie hercyńskiej. Kolejny permsko-mezozoiczny cykl sedimentacyjny rozpoczął się szeregiem cykli transgresyjno-regresyjnych dopiero w późnym permie (Rubinowski 1974; Kowalczewski, Rup, 1989; Zbroja, 1991; Kuleta, Nawrocki, 2002; Kuleta, Zbroja, 2006), którego osady reprezentowane głównie przez zlepieńce, margle, mułowce i wapienie zachowały się na obrzeżeniu permsko-mezozoicznym. Podobny charakter sedimentacji trwał także we wczesnym triasie, którego utwory są wykształcone w większości w postaci piaskowców i mułowców oraz warstw margli i zlepieńców (Kuleta i in., 1995; Kuleta, Zbroja, 2006). Na mapach geologicznych są niekiedy wydzielane wspólnie z utworami permu górnego, ze względu na ich podobne wykształcenie litologiczne. Na nich leżą utwory triasu środkowego (wapienie, margle), triasu górnego (iły i mułowce z wkładkami piaskowców), których już tylko niewielkie fragmenty znajdują się w obszarach zasilania zbiorników dewońskich. Najwyższymi ogniwami stratygraficznymi obrzeżenia są występujące już poza terenem badań utwory jury dolnej (piaskowce, mułowce, iłowce i zlepieńce), jury środkowej (piaskowce, mułowce, iłowce) i jury górnej (wapienie, margle).

Utwory permsko-mezozoiczne występują w wielu lokalnych strukturach fałdowych pociętych uskokami poprzecznymi na szereg odrębnych bloków, powstałych podczas faz starokimeryjskiej, młodokimeryjskiej i laramijskiej orogenezy alpejskiej.



dewon środkowy i górny
 Middle and Upper Devonian

kambr, ordowik, sylur i dewon dolny
 Cambrian, Ordovician, Silurian and Lower Devonian

A jednostka łysogórska
 Łysogóry unit

B jednostka kielecka
 Kielce unit

Synkliny / synclines: B s. – bodzentyńska, MG s. – miedzianogórska, R s. – Radlina, Ż-K s. – żernicko-karwowska, P s. – Płucek, Sb-G s. – sobiekurowsko-grocholicka, K s. – kielecka, Dl s. daleszycka, G-B-B s. – gałęzicko-bolechowicko-borkowska, Bd s. – bardziańska
 Antykliny / anticlines: Ch a. – chęcińska, Ra a. – radomska

Fig. 7. Szkic geologiczny trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich (na podstawie Czarnockiego, 1938; Filonowicza, 1989; Złonkiewicza i Romanka, 1992)

Geological sketch of the Paleozoic core of the Holy Cross Mountains (acc. to: Czarnocki, 1938; Filonowicz, 1980; Złonkiewicz and Romanek, 1992)

Tabela 1

Wykształcenie litologiczne skał trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich (na podstawie Filonowicza, 1980; Złonkiewicza i Romanka, 1992)

Paleozoic core lithology of the Holy Cross Mountains (acc. to Filonowicz, 1980; Złonkiewicz and Romanek, 1992)

Wiek utworów		Jednostka strukturalna	
		łysogórska	kielecka
Karbon	dolny	brak	łupki krzemionkowe, lokalnie osady wapienno-ilaste lub wapienne
Dewon	górnny	famen: wapień marglisty, lokalnie wapień fran: wapień	famen: margle, margle ilaste fran: wapień rafowy i detrytyczne
	środkowy	żywet: wapień eifel: dolomity	żywet: wapień eifel: dolomity
	dolny	piaskowce kwarcowe, lokalnie iły i mułowce	piaskowce kwarcowe
Sylur		iłowce i mułowce, iłowce krzemionkowe, lokalnie warstwy piaskowców, zlepieńców i wapieni	iłowce i mułowce, iłowce krzemionkowe, lokalnie warstwy piaskowców, zlepieńców i wapieni
Ordowik		iłowce, iłowce i mułowce, lokalnie warstwy wapieni marglistych	łupki, mułowce, piaskowce
Kambr		łupki, piaskowce kwarcowe	łupki, mułowce, piaskowce

Od strony południowo-wschodniej utwory trzonu paleozoicznego i obrzeżenia permsko-mezozoicznego zapadają pod wykształcone w postaci piasków, piasków pylastych, wapieni i ilów utwory neogenu (miocen) zapadliska przedkarpacciego.

Osady czwartorzędowe zalegają pomiędzy licznymi wychodniami skał starszych. Ich miąższość jest bardzo zmienna i wynosi od kilku do ponad 40 m, z tym że najczęściej nie przekracza 20 m. Są to głównie gliny zwałowe, piaski lodowcowe i wodnolodowcowe oraz piaski, mułki i ily zastoiszkowe zlodowaceń odry i warty, rzadziej sanu i nidy oraz interglacialnych dolin kopalnych. W części wschodniej dominują, leżące na nich lub bezpośrednio na utworach starszego podłoża, eoliczne lessy z okresu zlodowacenia wisły.

W dolinach rzecznych zalegają piaski i piaski ze żwirem o łącznej miąższości nieprzekraczającej z reguły 25 m, z których zbudowane są tarasy rzeczne. Na najniższych, holocenijskich tarasach zalewowych występują niekiedy mady i torfy, a na tarasie wyższym z okresu zlodowacenia wisły i przylegających do nich wysoczyznach są spotykane pokrywy piasków eolicznych, uformowanych miejscami w wydmy (Filonowicz, 1980a).

W holocenie nastąpiły także ruchy neotektoniczne, które spowodowały odmłodzenie części uskoków. Udokumentowane ich zrzuty nie przekraczały kilkudziesięciu metrów, wpłynęły jednak na morfologię stropu starszego podłoża i kształt obecnej sieci rzecznej (Kowalski, 1995, 2000a, b, 2001).

SYSTEMY WODONOŚNE GÓR ŚWIĘTOKRZYSKICH

Zgodnie z definicją podaną w Słowniku hydrogeologicznym system wodonośny jest to „zespół poziomów wodonośnych znajdujących się w kontakcie hydraulicznym, ograniczonym ściśle zdefiniowanymi granicami” (Dowgiałło i in., red., 2002). Bardziej rozbudowaną definicję systemu wodonośnego podaje Szymanko (1980). Według niej „System wodonośny tworzy, dający się dzielić na proste elementy i powiązany hydraulicznie układ przestrzenny środowiska wód podziemnych wraz z występującym w jego obrębie zbiorowiskiem tych wód, okonturowany powierzchnią brzegową o zdefiniowanym działaniu, w obrębie której można wydzielić strefy zasilania i drenażu”.

Góry Świętokrzyskie są obszarem wododziałowym zlewni rzek II rzędu. Każda z nich stanowi samodzielny, regionalny system wodonośny i jednocześnie jest obszarem bilansowym odnawialnych i dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych. Powoduje to, że ich trzon paleozoiczny znajdujący się w górnych partiach zlewni nie tworzy samodzielnego systemu wodonośnego, lecz wchodzi w skład czterech systemów zlewniowych: Kamiennej, Nidy, Czarnej Staszowskiej i Koprzywianki wraz z Opatówką. Pasmowa morfologia terenu, skomplikowana budowa geologiczna struktur wodonośnych i zróżnicowana przepuszczalność skał są przyczyną dużej komplikacji panujących tam warunków hydrogeologicznych. Przepuszczalne skały środkowo- i górnodewońskie, będące użytkowymi zbiornikami wód podziemnych, występują wśród praktycznie niewodonośnych skał półprzepuszczalnych i/lub nieprzepuszczalnych starszego paleozoiku oraz słabo przepuszczalnych i/lub nieprzepuszczalnych skał najwyższej części dewonu górnego (famenu) i dolnego karbonu. Wody z ich stropowych, zwietrzałych partii spływają jednak zgodnie ze spadkiem terenu i zasilają położone niżej zbiorniki o znaczeniu użytkowym z punktu widzenia zaopatrzenia w wodę. W dewońskich strukturach wodonośnych i obszarach ich zasilania można wydzielić mniejsze systemy krążenia wód podziemnych, wchodzące w skład systemów zlewniowych. Każdy z nich składa się z całego lub tylko z części użytkowego zbiornika dewońskiego oraz

obszaru jego zasilania, obejmującego niekiedy również użytkowe poziomy wodonośne przyległego obrzeżenia permsko-mezozoicznego. W niektórych przypadkach podział ten został nieco skorygowany w dostosowaniu do skomplikowanych struktur geologicznych.

Podsumowując, w zlewniowych systemach wodonośnych Gór Świętokrzyskich wydzielono mniejsze systemy krążenia wód podziemnych, składające się z użytkowego środkowo- i górnodewońskiego zbiornika wodonośnego i obszaru jego zasilania z tym, że nazwy własne przydzielono tylko zbiornikom, kontynuując tę zasadę za Kleczkowskim (red., 1990a, b).

Każda z wydzielonych poniżej dewońskich struktur wodonośnych stanowi odrębny zbiornik hydrogeologiczny, w którym odbywa się krążenie wód podziemnych. Naturalnymi strefami drenażu są doliny najbliższych rzek i występujące na ich zboczach źródła. Na tle schematu krążenia wód podziemnych opisanego przez Totha (1963) oraz Wallicka i Totha (1976), w strukturach (częściach struktur) nie posiadających kontaktu lub o niewielkim kontakcie hydraulicznym z przyległymi poziomami wodonośnymi obrzeżenia permsko-mezozoicznego, występuje tylko lokalny system krążenia. W podłożu synklinalnych struktur wodonośnych występują bowiem półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne skały starszego paleozoiku. Ponadto same wapienie i dolomity, z których są zbudowane zbiorniki dewońskie wraz z głębokością stają się także coraz mniej przepuszczalne. W przejściowych i regionalnych systemach krążenia wód podziemnych znajdują się jedynie struktury brzeżne, z których zachodzi odpływ lateralny do poziomów obrzeżenia permsko-mezozoicznego. Są to: wschodni skraj synkliny bodzentyńskiej, fragmenty zachodniego skraju synklinorium kielecko-łagowskiego i synkliny gałęzicko-bolechowsko-borkowskiej, południowe skrzydło antykliny chęcińskiej i fragmenty antykliny radomickiej (fig. 7).

Strefę aktywnej wymiany wód podziemnych w granicach obszaru badań ocenia się na około 150–250 m. Do tych głębokości udokumentowano ją szczegółowymi badaniami

czasu przebywania i składu chemicznego wody (Taszek, 1982). Ocena głębokości aktywnej wymiany wód wiąże się jednak nieodłącznie z pytaniem: czy poniżej zachodzi przepływ wód podziemnych i czy w omawianych strukturach występują wody stagnujące? Brak wyników badań uniemożliwia zajęcie wiarygodnego stanowiska w tej sprawie i autor proponuje, aby odpowiedź odłożyć, aż do czasu uzyskania danych z co najmniej kilku głębokich otworów wiertniczych.

STRUKTURY WODONOŚNE TRZONU PALEOZOICZNEGO

Utwory geologiczne na obszarze występowania zwarłych wychodni trzonu paleozoicznego są bardzo zróżnicowane litologicznie i wykazują dużą zmienność rozprzestrzenienia i przepuszczalności, od których zależą ich wodonośność i zasoby oraz znaczenie dla zaopatrzenia ludności, rolnictwa i przemysłu w wodę. Wyróżnia się wśród nich jednostki hydrostratygraficzne – ośrodki wodonośne należące do określonej stratygraficznie epoki lub okresu, a w ich obrębie poziomy wodonośne (Dowgiało i in., red., 2002). W granicach subregionu świętokrzyskiego występuje sześć pięter wodonośnych: czwartorzędowe, karbońskie, dewońskie, sylurskie, ordowickie i kambryjskie. Istotne znaczenie dla zbiorowego zaopatrzenia w wodę mają tylko tzw. użytkowe piętra/poziomy wód podziemnych (UPWP), w których występują zespoły warstw wodonośnych wykazujące łączność hydrauliczną, o parametrach kwalifikujących je do eksploatacji ujęciami wód podziemnych, tj. miąższość utworów wodonośnych wynosi ponad 5 m, wodoprzewodność ponad 50 m²/d, wydajność potencjalna otworu studziennego ponad 5 m³/h, a woda jest przydatna do spożycia przez ludzi bez uzdatnienia lub po prostym uzdatnieniu – uzasadnionym ekonomicznie. Wśród nich jako najważniejsze na danym obszarze wyróżnia się główne użytkowe poziomy wodonośne (GUPW). Spośród wyżej wymienionych sześciu pięter wodonośnych kryteria użytkowego poziomu wodonośnego spełnia tylko fragment piętra czwartorzędowego i dewońskiego. Użytkowa część piętra dewońskiego zawsze stanowi GUPW, miejscami wspólnie z nadległym użytkowym pięciem czwartorzędowym. Na terenach, gdzie starsze podłoże jest zbudowane z półprzepuszczalnych i/lub nieprzepuszczalnych utworów starszego paleozoiku GUPW stanowi tylko użytkowy fragment piętra czwartorzędowego. Pozostałe jednostki hydrostratygraficzne ze względu na niską wodonośność nie mają już charakteru użytkowego. Na szkicu hydrogeologicznym pięter/poziomów wodonośnych na obszarze trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich przedstawiającym piętra/poziomy wodonośne omawianego terenu (fig. 8) wydzielono:

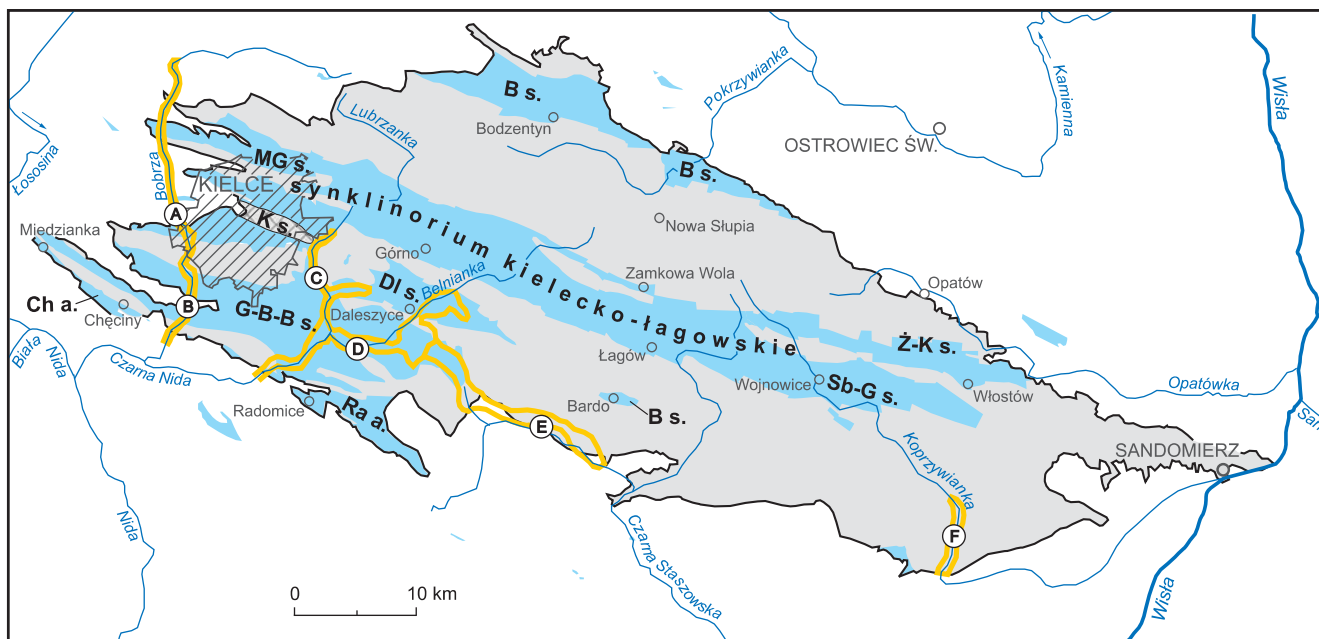
- użytkową część piętra czwartorzędowego,
- użytkowy poziom środkowo- i górnodewoński,
- zagregowane piętra i poziomy wodonośne nie spełniające oddzielnie kryteriów poziomu użytkowego: poziom dolnodewoński, piętra sylurskie, ordowickie i kambryjskie.

Kryteriów użytkowego poziomu wodonośnego nie spełnia także piętro karbońskie i wyższa część poziomu górnodewońskiego, pokrywające poziom środkowo- i górnodewoń-

ski. Na szkicu nie zostały one jednak wydzielone ze względu na małe obszary występowania. Pokazane są dopiero w dalszej części pracy przy omawianiu poszczególnych zbiorników wodonośnych.

Piętro czwartorzędowe leży pomiędzy licznymi wychodniami skał paleozoicznych i stanowi nieciągłą pokrywę starszych pięter wodonośnych. Pomimo że w przewodzie nie ma charakteru użytkowego, to jednak w zasadniczym stopniu decyduje o wielkości zasilania wód podziemnych i naturalnych warunkach ochrony przed zanieczyszczeniem z powierzchni terenu niżej leżących pięter wodonośnych. Warunki hydrogeologiczne są w nim bardzo zróżnicowane ze względu na zmienną miąższość i duże zróżnicowanie litologiczne osadów. Kryteria użytkowego piętra wód podziemnych (UPWP) spełnia ono jedynie w środkowych i dolnych odcinkach dolin rzecznych Bobrzy, Lubrzanki, Belnianki i Czarnej Nidy oraz Koprzywianki i w kopalnej dolinie Czarnej Staszowskiej (fig. 8, 9). Osady rzeczne są w nich wykształcone w postaci wodonośnych piasków i piasków ze żwirem. W dolinie Belnianki poniżej Daleszyc UPWP obejmuje również część przyległych piasków fluwioglacjalnych na wysoczyźnie. Granice występowania wodonośnych osadów rzecznych są z reguły dobrze udokumentowane i pokrywają się z zewnętrzną granicą osadów rzecznych. Wyjątek stanowi tylko kopalna dolina Czarnej Staszowskiej. Jej przebieg wyznacza obniżenie w stropie utworów przedczwartorzędowych. Wypełniają je piaski nie tylko rzeczne, lecz w znacznej mierze także i fluwioglacjalne. Miąższość czwartorzędowych warstw wodonośnych w dolinie Bobrzy wynosi średnio 20 m, w dolinach Lubrzanki, Belnianki i Czarnej Nidy 10–30 m i 5–10 m w kopalnej dolinie Czarnej Staszowskiej. Są to utwory dobrze i średnio przepuszczalne o współczynnikach filtracji od $3 \cdot 10^{-5}$ do $8 \cdot 10^{-4}$ m/s. Ich przewodność hydrauliczna kształtuje się od około 13 m²/d do powyżej 1000 m²/d. Wydajności potencjalne studni wierconej są zmienne, od 5 do około 50 m³/h. W dolinach współczesnych rzek wynoszą one średnio 10–30 m³/h. Najniższe są w kopalnej dolinie Czarnej Staszowskiej, gdzie ocenia się je na 5–10 m³/h. Utwory wodonośne pokryte są lokalnie warstwami półprzepuszczalnych torfów i mułków rzecznych o kilkumetrowej miąższości. Wyjątek stanowi odcinek kopalnej doliny Czarnej Staszowskiej na wschodnim skraju synkliny gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej (rezerwat bagienny Białe Ługi – torfowisko wysokie), gdzie miąższość torfów pokrywających osady wodonośne przekracza 10 m.

Na obszarach, na których piętro czwartorzędowe nie spełnia kryteriów piętra użytkowego panują bardzo zmienne warunki hydrogeologiczne. Występują tam przepuszczalne piaski i piaski ze żwirem pochodzenia lodowcowego i fluwioglacjalnego, półprzepuszczalne lub/i nieprzepuszczalne gliny zwałowe i mułki zastoiskowe, głównie z okresu zlodowacenia odry i warty oraz podrzędnie sanu i nidy. Na nich leżą miejscami przepuszczalne piaski eoliczne lub półprzepuszczalne lessy, a na stokach garbów starszego podłoża znajdują się piaszczysto-ilaste deluwia. Rozprzestrzenienie dobrze i średnio przepuszczalnych fluwioglacjalnych



Piętra i poziomy wodonośne:

Aquifers:

użytkowe piętro czwartorzędowe
Quaternary usable aquifer

użytkowy poziom środkowo- i górnodewoński
Middle and Upper Devonian usable aquifer

piętra i poziomy niespełniające kryteriów poziomu użytkowego (poziom dolnodewoński; piętro sylurskie, ordowickie i kambryjskie)
non-usable aquifers (Lower Devonian, Silurian, Ordovician, Cambrian)

jw.: karbon i wyższa część górnego dewonu (famen) w jądrze synkliny kieleckiej
as above: Carboniferous and upper part of Upper Devonian (Famennian) in the Kielce Syncline core

profile hydrogeologiczne zamieszczone na fig. 9
hydrogeological profiles illustrated in Figure 9

Fig. 8. Struktury wodonośne na obszarze trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich

Hydrogeological structures in the Paleozoic core of the Holy Cross Mountains

piasków i piasków ze żwirem jest stosunkowo duże, lecz nieregularne i rozczłonkowane. Miąższość ich zawodnienia w strefie saturacji nie przekracza na ogół kilku metrów i najczęściej nie spełniają one kryteriów piętra użytkowego (UPWP).

Piętro karbońskie jest reprezentowane tylko przez poziom dolnokarboński. Przykrywa on poziom górnodewoński w jądrach niektórych synklin synklinorium kielecko-łagowskiego i w synklinie gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej. Poziom nie spełnia kryteriów poziomu użytkowego i wspólnie z leżącą niżej i również nie spełniającą w większości tych kryteriów serią osadów wyższej części dewonu górnego – famenu ma małe rozprzestrzenienie. Na szkicu struktur wodonośnych naniesiono je tylko w jądrze synkliny kieleckiej (Ks) (fig. 8). Łupki krzemionkowe karbonu wraz z występującymi wśród nich wkładkami wapieni charakteryzują się bardzo zróżnicowanymi warunkami hydrogeologicznymi. Najczęściej są półprzepuszczalne lub nieprzepuszczalne i stanowią istotne utrudnienie w regionalnym krążeniu wód podziemnych, szczególnie na kierunkach prostopadłych do osi synklin. Ich miąższość jest zmienna od kilkunastu do po-

nad 150 m. W strefach uskokowych, tam gdzie łupki są bardziej spękane, wodonośność ich może być większa, przy jednocześnie małej zasobności; spotykamy tam lokalne zbiorniki wód podziemnych. Przykładem jest zbiornik w Masłowie ujęty studnią o głębokości 50 m. Podczas krótkotrwałego próbnego pompowania uzyskano z niej wydajność 60 m³/h. Z czasem uległa ona jednak zmniejszeniu do około 13 m³/h, pomimo że pobór wody nigdy nie przekroczył 10 m³/h (Ginalska-Prokop i in., 1990; Prażak, 1994a).

Piętro dewońskie składa się z trzech kompleksów warstw wodonośnych różniących się wyraźnie warunkami hydrogeologicznymi i znaczeniem dla zaopatrzenia ludności w wodę. Są to kolejno od powierzchni terenu:

- **Kompleks górny** obejmuje wyższą część poziomu górnodewońskiego (famen) zbudowaną z wapieni marglistych o niskiej wodonośności i bardzo zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych. Występują w nich głównie wody szczelinowe. Szczeliny mogą być lokalnie poszerzone przez procesy krasowe, lecz nie zostało to jednoznacznie udokumentowane. Często są wypełnione materiałem ilastym, co w istotnym stopniu wpływa na niskie współczynniki filtracji ośrodka

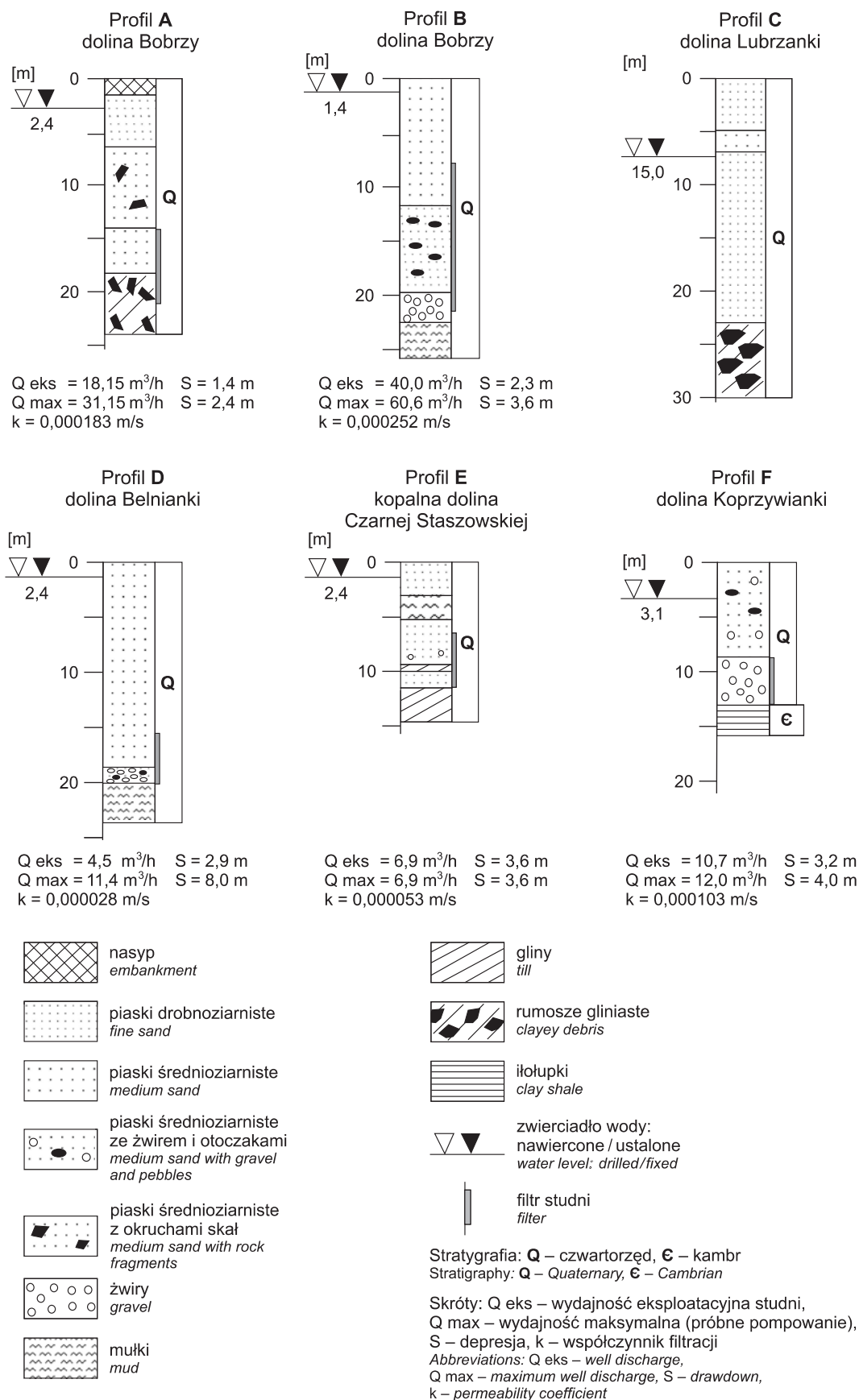


Fig. 9. Wybrane profile hydrogeologiczne piętra czwartorzędowego na obszarze trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich

Selected hydrogeological profiles of the Quaternary aquifer in the Paleozoic core of the Holy Cross Mountains

skalnego, które są rzędu $1 \cdot 10^{-6}$ m/s lub niższe. Kompleks wapieni marglistych zalegających w jądrach synklin nie spełnia kryterium poziomu użytkowego i tylko sporadycznie jest ujmowany studniami wierconymi. Wynika to głównie z jego niewielkiego rozprzestrzenienia i faktu, że niemal zawsze obok występują utwory niższego kompleksu wapieni o znacznie wyższej wodonośności. Niemniej w niektórych obszarach stanowi on znaczący, miejscowy zbiornik wód podziemnych.

- **Kompleks środkowy** nazywany powszechnie poziomem środkowo- i górnodewońskim obejmuje utwory dewonu górnego (franu) i środkowego (żywetu i eiflu), wykształcone w postaci wapieni rafowych lub detrytycznych i dolomitów. Występuje on w synklinie bodzentyńskiej, synklinorium kielecko-łagowskim, synklinie gałęzicko-bolechowsko-borkowskiej, antyklinie radomickiej i południowym skrzydle antykliny chęcińskiej. W kilku miejscach odsłania się także spod młodszych utworów obrzeżenia perm-sko-mezozoicznego, poza granicą zwartych wychodni skał paleozoicznych (fig. 8). Ze względu na znaczną wodonośność i zasobność jest to najważniejszy poziom wodonośny na omawianym terenie. Występuje głównie w jądrach synklin i charakteryzuje się zmienną przepuszczalnością, nawet w obrębie tych samych struktur hydrogeologicznych. Według klasyfikacji Pazdry mieści się ona w granicach od bardzo dobrej do słabej (Pazdro, Kozerski, 1993). Współczynniki filtracji wynoszą od $1,3 \cdot 10^{-7}$ do $1,2 \cdot 10^{-3}$ m/s, przy średniej geometrycznej $1,9 \cdot 10^{-5}$ m/s i odchyleniu standardowym 0,84 (Rzonca, Prażak, 2002). Pomimo dużego zróżnicowania wodonośność kompleksu jest z reguły wyższa niż innych otaczających go poziomów wodonośnych. Wapienie i dolomity są typowym ośrodkiem szczelinowo-krasowym (Motyka i in., 1993). Sama matryca skalna ma bowiem małą porowatość otwartą (współczynnik od 0,012 do 0,04) i bardzo niski współczynnik filtracji wynoszący od $1,72 \cdot 10^{-12}$ do $7,22 \cdot 10^{-9}$ m/s (Rzonca, 2001a, 2005, 2008; Rzonca i in., 2003). Stopień spękania skał jest zmienny i zależy od stopnia ich zaangażowania tektonicznego. Szczeliny tektoniczne są często poszerzone przez procesy krasowe zachodzące zarówno w strefie aeracji, jak i saturacji do głębokości kilkudziesięciu metrów, co jest dobrze widoczne na ścianach odwadnianych kamieniołomów (Motyka i in., 1993). Szczególnie dobrze kras jest rozwinięty w strefie aeracji i w stropowych partiach strefy saturacji z tym, że obok dużych jaskiń, np. jaskinie Raj koło Kielc, Chelosiowa Jama w Jaworzni, Zbójecka w Łagowie, Kadzielnia w Kielcach, spotyka się również liczne pustki krasowe wypełnione pylastym materiałem krasowym (Urban, 1996, 2000, 2002, 2007; Urban i in., 1997; Gzyl i in., 2001a, b; Urban, Rzonca, 2009). Charakter krasu ma bezpośredni wpływ na zasilanie wód podziemnych przez opady atmosferyczne. Bardzo korzystne warunki panują w strefach występowania jaskiń i pustek krasowych, natomiast ich wypełnienie materiałem pylastym zmniejsza znacznie ich infiltrację efektywną.

- **Kompleks dolny** obejmuje utwory dewonu dolnego odsłaniające się głównie na skrzydłach synklin lub w jądrach antyklin. Jego parametry hydrogeologiczne są bardzo słabo

rozpoznane. Ze względu na wykształcenie litologiczne (piaskowce kwarcowe, lokalnie iły i mułowce), nie rokujące pozyskania większych ilości wody, występujące w nim wody szczelinowo-porowe ujęte są tylko przez nieliczne studnie wiercone, często wspólnie z nadległym poziomem środkowo- i górnodewońskim. Parametry hydrogeologiczne poziomu są praktycznie nierozpoznane, niemniej przyjmuje się, że w skali regionalnej nie spełnia on kryteriów poziomu użytkowego. Mogą w nim jednak występować miejscowe zbiorniki wód podziemnych (Błaszyk i in., 1990; Dowgiałło i in., 2002). Przykładem jest zbudowany z piaskowców kwarcytowych z wkładkami mułowców serii barczańskiej zbiornik na terenie Kielc. Ujmuje go studnia Zakładów Wyrobów Papierniczych o zasobach eksploatacyjnych $28 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji 50 m (wsp. filtracji $2,5 \cdot 10^{-6}$ m/s).

Piętra staropaleozoiczne (sylurskie, ordowickie i kambryjskie) nie stanowią użytkowych zbiorników wód podziemnych ze względu na niekorzystne parametry hydrogeologiczne. Wykształcone są w postaci łowców, mułowców, łupków i piaskowców kwarcowych w części nazywanych kwarcytami, a tylko lokalnie (sylur, ordowik) zlepieńców, wapieni lub wapieni marglistych. Ich współczynniki filtracji są bardzo niskie. Poniżej zwietrzałych i spękanych stropowych partii skał o miąższości od kilku do kilkunastu metrów wynoszą one najczęściej $k < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s, a miejscami warstwy te są praktycznie niezawodnione. Brak zawodnienia znacznej części utworów syluru został udokumentowany w byłej kopalni Staszic w Rudkach. Szyb o głębokości 177 m i odchodzące od niego przekopy długości 95 i 220 m były suche. Podczas ich głębienia obserwowano tylko niewielkie i szybko zanikające dopływy wody. Brak zawodnienia piaskowców (kwarcytów) kambru górnego dokumentują negatywne, o całkowitym braku dopływu wody, otwory przy Schronisku PTTK w Świętej Katarzynie (głębokość 23 m) i stacji telewizyjnej obok klasztoru na Łysej Górze (Święty Krzyż) o głębokość 64, 5 m, a udokumentowane krótkimi pompowaniami wydajności otworów, ujmujących łupki krzemionkowe ordowiku, były mniejsze od $5 \text{ m}^3/\text{h}$ (Rogaliński, 1972).

W stropowych partiach utwory staropaleozoiczne są bardziej spękane i zwietrzałe. Do głębokości kilkunastu metrów ich współczynniki filtracji są niekiedy wyższe i wspólnie z gliniasto-pylastymi pokrywami zwietrzelinowo-soliflukcyjnymi oraz nadległymi lessami, piaskami lub glinami czwartorzędowymi mogą na niektórych terenach stanowić miejscowe zbiorniki wód podziemnych.

ŚRODKOWO- I GÓRNODEWOŃSKIE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH

Środkowo- i górnodewoński poziom wodonośny jest rozczłonkowany i występuje w kilku strukturach geologicznych: synklinie bodzentyńskiej, synklinorium kielecko-łagowskim, antyklinorium klimontowskim i w strukturach brzeżnych południowo-zachodniej części trzonu paleozoicznego. Jest to obszar zlewni wód powierzchniowych i podziemnych pięciu lewobrzeżnych dopływów II rzędu Wisły, dających się

wydzielić jako cztery oddzielne systemy krążenia wód podziemnych (Kamiennej, Nidy, Czarnej Staszowskiej, Koprzywianki i Opatówki). Ich granice biegną niekiedy w poprzek struktur geologicznych. Dotyczy to szczególnie omawianego poziomu w synklinorium kielecko-łagowskim. Dla potrzeb sporządzania opartych o systemy zlewniowe bilansów wodnych i dokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych wydzielono w nim kilka zbiorników znajdujących się w poszczególnych systemach krążenia wód, a granice pomiędzy nimi są głównie hydrodynamiczne (dział wodny, strefa drenażu).

Nazewnictwo zbiorników ma najczęściej charakter historyczny. W odniesieniu do najważniejszych z nich nazwy powtórzono za „Mapą głównych zbiorników wód podziemnych w Polsce (GZWP) wymagających szczególnej ochrony” (Kleczkowski, red., 1990a, b). W pozostałych przypadkach uzupełniono je, nawiązując do nazw miejscowości na ich terenie.

W głównym użytkowym poziomie wodonośnym (GUPW) obejmującym wapień i dolomity dewonu środkowego i górnego (franu) wyznaczono 12 zbiorników wód podziemnych (tab. 2, fig. 10). Cztery z nich ze względu na strategiczne znaczenie dla zaopatrzenia w wodę mają rangę głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP), tj. „zbiorników wydzielonych ze względu na szczególne znaczenie regionalne dla obecnego i perspektywicznego zaopatrzenia ludności w wodę, spełniające określone kryteria ilościowe i jakościowe

we podstawowe: wydajność potencjalna otworu studziennego powyżej 70 m³/h, wydajność ujęcia powyżej 10 000 m³/d, przewodność powyżej 10 m²/h, a woda nadaje się do zaopatrzenia ludności w stanie surowym lub po jej ewentualnym prostym uzdatnieniu przy pomocy stosowanych obecnie i uzasadnionych ekonomicznie technologii. W obszarach deficytowych kryteria ilościowe mogą być znacznie niższe, lecz wyróżniające zbiornik o znaczeniu praktycznym na tle ogólnie mniej korzystnych warunków hydrogeologicznych” (Herbich i in., 2009 – na podstawie Kleczkowski, 1990a, b; Dowgiałło i in., red., 2002).

Pozostałe zbiorniki dewońskie stanowią natomiast lokalne zbiorniki wód podziemnych (LZWP), tj. „zbiorniki wód podziemnych o dobrej jakości i znaczeniu użytkowym ze względu na zasoby pozwalające na zaspokojenie lokalnych potrzeb wodnych i parametrach ilościowych: miąższości warstwy wodonośnych powyżej 5 m, wydajności studni pojedynczej nie mniejszej niż 10 m³/h i wydajności ujęcia minimum 300 m³/d” (na podstawie: Błaszyk i in., 1990; Dowgiałło i in., red., 2002).

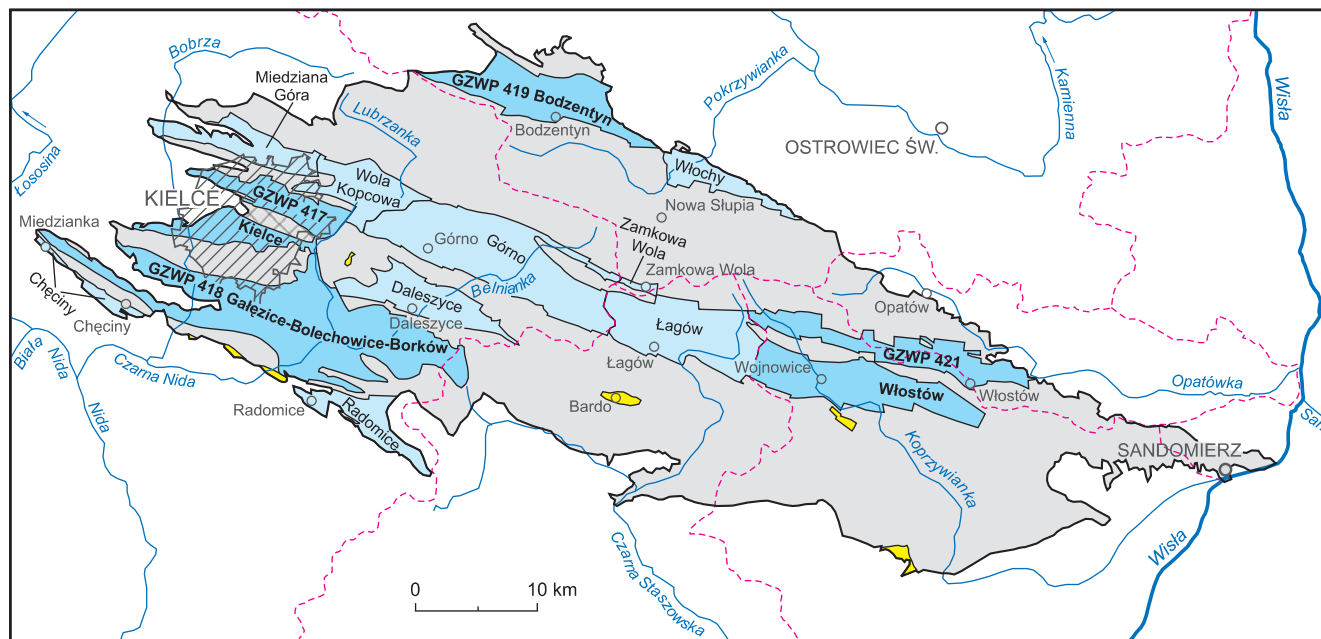
W pracy pominięto natomiast zbiorniki dewońskie o niewielkiej powierzchni (np. w synklinie bardziańskiej) i znaczeniu wyłącznie miejscowym (MZWP), tj. „zbiorniki wód podziemnych zaliczonych do najwyższej klasy jakości, ale o miąższości warstwy wodonośnej poniżej 5 m, wydajności studni pojedynczej mniejszej niż 10 m³/h i ujęcia poniżej 300 m³/d”. Pominięto również niewielkie miejscowe

Tabela 2

Środkowo- i górnodewońskie zbiorniki wód podziemnych Gór Świętokrzyskich

Middle and Upper Devonian groundwater reservoirs of the Holy Cross Mountains

Nazwa zbiornika	Rodzaj zbiornika	Zlewnia II rzędu	Struktura geologiczna									
Bodzentyn	GZWP	Kamiennej	synklina bodzentyńska									
Włochy	LZWP		synklinorium kielecko-łagowskie									
Miedziana Góra	LZWP	Nidy										
Kielce	GZWP											
Wola Kopcowa	LZWP											
Górno	LZWP											
Łagów	LZWP	Czarnej Staszowskiej										
Włostów	GZWP	Koprzywianki										
Gałęzice–Bolechowice–Borków	GZWP	Nidy			synklina gałęzicko-bolechowicko-borkowska	antyklinorium klimontowskie						
Daleszyce	LZWP				synklina daleszycka							
Miedzianka–Chęciny	LZWP				antyklina chęcińska							
Radomice	LZWP				antyklina radomicka							



Środkowo- i górnodońskie zbiorniki wód podziemnych
Middle and Upper Devonian reservoirs

- główne
main
- lokalne
regional
- miejscowe
local

- dział wodny II rzędu
2nd order catchment boundary

Fig. 10. Środkowo- i górnodońskie zbiorniki wód podziemnych w Górach Świętokrzyskich

Middle and Upper Devonian groundwater reservoirs in the Paleozoic core of the Holy Cross Mountains

Tabela 3

Przybliżona korelacja wodoprzepuszczalności i wodonośności skał oraz wydajności potencjalnej studni głębinowej

Approximate correlation of permeability and water-bearing capacity of rocks, and potential productivity of the deep well

Współczynnik filtracji k [m/s]	Wodoprzepuszczalność	Wodonośność	Wydajność studni potencjalnej [m ³ /h]
$>10^{-3}$	bardzo dobra	bardzo wysoka	>120
$10^{-3}-10^{-4}$	dobra		70–120
$10^{-4}-10^{-5}$	średnia	wysoka	50–70
$10^{-5}-10^{-6}$	niska	średnia	30–50
		niska	10–30
$10^{-6}-10^{-8}$	półprzepuszczalne	brak użytkowego poziomu wodonośnego	<10
$<10^{-8}$	nieprzepuszczalne		

zbiorniki spotykane w nadległym poziomie czwartorzędowym oraz w stropowych, zwietrzałych partiach słabo przepuszczalnych i/lub nieprzepuszczalnych utworów dewonu dolnego, syluru, ordowiku i kambru.

Charakterystyką hydrodynamiki poszczególnych zbiorników objęto takie elementy jak: struktura wodonośna, powierzchnia zbiornika, powierzchnia zewnętrznych obszarów jego zasilania oraz zlewnia powierzchniowa i podziemna.

Przepuszczalność skał wodonośnych oceniono na podstawie wartości współczynnika filtracji (Pazdro, Kozerski, 1983), natomiast wodonośność przy pomocy teoretycznej wydajności studni potencjalnej (maksymalna wydajność umownej studni wierconej, optymalnie zafiltrowanej, przy dopuszczalnej depresji), wg kryteriów przyjętych na Mapie hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Instrukcja, 1999). Podobna we wszystkich zbiornikach miąższość warstw wodonośnych w strefie aktywnej wymiany wód podziemnych (około 150 m) pozwala na przybliżoną, właściwą tylko dla tych warunków korelację parametrów, tj. przypisania danej klasy przepuszczalności odpowiadającego jej przedziału wydajności studni potencjalnej i wodonośności (tab. 3).

POZYCJA HYDRODYNAMICZNA ZBIORNIKÓW I ICH PARAMETRY HYDROGEOLOGICZNE

Szczegółowa charakterystyka poszczególnych zbiorników, obok opisu tekstowego, zawiera również szkice i przekroje hydrogeologiczne. Na szkicach pokazano podstawowe elementy opisujące ich pozycję hydrodynamiczną, tj.: zlewnię/obszar zasilania zbiornika, poziomy wodonośny otaczający zbiornik w jego obszarze zasilania, rzeki stanowiące naturalne strefy drenażu, drenaż antropogeniczny (duże ujęcia wód podziemnych, odwadnianie wyrobiska górnicze) i spowodowane nim regionalne leje depresji oraz odwzorowane przy pomocy hydroizohips (według stanu w latach 2000–2010) pole hydrodynamiczne wód podziemnych. Przekroje hydrogeologiczne obrazują natomiast pozycję strukturalną zbiorników w obszarze ich zasilania. Objasnienia do szkiców i przekrojów zawiera [figura 11](#).

Położenie poszczególnych zbiorników w jednolitych częściach wód podziemnych (JCWPd) pokazano już wcześniej na [figurze 5](#).

Zbiornik Bodzentyn

Zbiornik Bodzentyn jest położony w północnej części trzonu paleozoicznego w zachodniej części synkliny bodzentyńskiej o rozciągłości WNW–ESE ([fig. 8, 10](#)). Poziom środkowo- i górnodewoński i zewnętrzne obszary jego zasilania znajdują się tam w zlewni II rzędu rzeki Kamiennej, w górnej części zlewni III rzędu jej prawobrzeżnego dopływu Pokrzywianki, w zlewni IV rzędu Psarki. Zlewnia podziemna zbiornika o powierzchni 81,80 km² pokrywa się z jego zlewnią powierzchniową. Poziom środkowo- i górnodewoński obejmuje w niej powierzchnię 43,72 km², a otaczające go poziomy wodonośny 38,08 km². W części zachodniej i wschodniej są to poziomy dolnotriasowy i górnopermski (16,69 km²), od północy i południa utwory starszego paleozoiku (19,51 km²), a w osi zachodniej części synkliny poziom górnodewoński (famen) (1,88 km²) ([fig. 11, 12](#)). W literaturze spotyka się także nazwę zbiornika – niecka bodzentyńska (Mochóń, 1983b, 1985a, b, 1986, 1992b, d).

Zasilanie warstw wodonośnych zbiornika odbywa się przez infiltrację efektywną opadów atmosferycznych i dopływ lateralny wód podziemnych z poziomów otaczających ([fig. 11, 12](#)). Od strony zachodniej i wschodniej z poziomów dolnotriasowego i górnopermskiego, natomiast od północy i południa ze stropowych, zwietrzałych partii utworów staropaleozoicznych, z których wypływają liczne źródła (Mochóń, 1988b). Naturalnymi strefami drenażu są rzeka Psarka i jej dopływy. Przepuszczalność skał, z których zbudowany jest zbiornik jest zmienna od dobrej do półprzepuszczalnej z tym, że przeważa słaba i średnia, a ich przewodność hydrauliczna wynosi od 0,5 do 116 m²/h. Sprawia to, że wodonośność skał jest najczęściej niska lub średnia. Wodonośność wysoka występuje tylko lokalnie. Wydajności studzien wierconych o głębokościach od 24 do 140 m wynoszą od 0,6 do 80 m³/h. Wodonośnością średnią i niską charakteryzują się także otaczające zbiornik poziomy górnopermski i dolnotriasowy

(Wróblewska, Herman, 1997, 2002a; Wróblewska, Prażak, 2002). Zasoby odnawialne zlewni zbiornika wynoszą 695 m³/h, a ich moduł 2,36 l/s · km² (8,50 m³/h · km²) (Mochóń, 1988b, c, d, 1990a, b). Zasoby dyspozycyjne szacuje się natomiast w ilości 490 m³/h, stanowiącej około 70% zasobów odnawialnych. Ich wykorzystanie przez lokalnych użytkowników jest stosunkowo niewielkie i nie przekracza 150 m³/h. Ujęcia wód podziemnych skupione są głównie w centralnej części zbiornika i w okolicach Bodzentyna. Największymi użytkownikami zasobów są wodociągi wiejskie i zakłady przemysłu spożywczego.

Zbiornik Włochy

Zbiornik obejmuje poziom środkowo- i górnodewoński we wschodniej części synkliny bodzentyńskiej ([fig. 8 i 10](#)). Jego kształt jest wydłużony zgodnie z osią synkliny w kierunku WNW–ESE. W jego zlewni (podziemnej i powierzchniowej) o powierzchni 32,13 km², obok samego zbiornika obejmującego obszar 17,47 km², znajdują się również przyległe od północy poziomy górnopermski i dolnotriasowy (5,38 km²), a od zachodu i południa utwory staropaleozoiczne (9,28 km²) ([fig. 13, 14](#)). Naturalną strefą drenażu wód podziemnych jest rzeka Pokrzywianka i jej dopływy, a w części wschodniej zbiornika ma miejsce również odpływ lateralny:

- w kierunku północnym do poziomu dolnotriasowego,
- w kierunku południowym do stropowej, zwietrzałej partii utworów starszego paleozoiku i leżących na nich osadów czwartorzędowych.

Parametry hydrogeologiczne środkowodewońskich wapieni i dolomitów są w tym obszarze bardzo słabo rozpoznane. Odwiercono w nich tylko dwie studnie. Jedną dla kamieniołomu Skała w centralnej części zbiornika (głębokość 30 m, wydajność 0,9 m³/h), a drugą w miejscowości Kowalkowice w jego wschodniej części (głębokość 100 m, wydajność 123,9 m³/h). Współczynniki filtracji obliczone na podstawie wyników próbnych pompowań świadczą o ich średniej wodoprzepuszczalności ($k = 1 \cdot 10^{-5} - 7 \cdot 10^{-5}$ m/s). Ich wodonośność przyjmuje się ogólnie jako średnią, lokalnie wysoką. Przyległe poziomy górnopermski i dolnotriasowy charakteryzują się natomiast wodonośnością niską (Wróblewska, Herman 2002a, b). W odniesieniu do uznanych za słabo zawodnione utworów staropaleozoicznych charakterystyczny jest fakt, że w miejscowości Kowalkowice ze studni ujmującej wodę ze spękanych piaskowców dolnodewońskich uzyskano wodę w ilości 25 m³/h. Przyjmuje się jednak, że jest to odosobniony przypadek związany bezpośrednio z przebiegającą tam strefą uskokową ([fig. 13](#)).

Moduł zasilania wód podziemnych w zlewni zbiornika jest zbliżony do modułu zasobów obliczonego dla zachodniej części synkliny w zlewni Psarki i przyjmuje się, że wynosi on 2,36 l/s · km² (8,50 m³/h · km²). Oszacowane na jego podstawie zasoby odnawialne wód podziemnych w zlewni zbiornika wynoszą 280 m³/h, a zasoby dyspozycyjne zbiornika przyjęte w ilości 70% zasobów odnawialnych dochodzą do 200 m³/h. Pobór wody z ujęć jest niewielki i nie przekracza

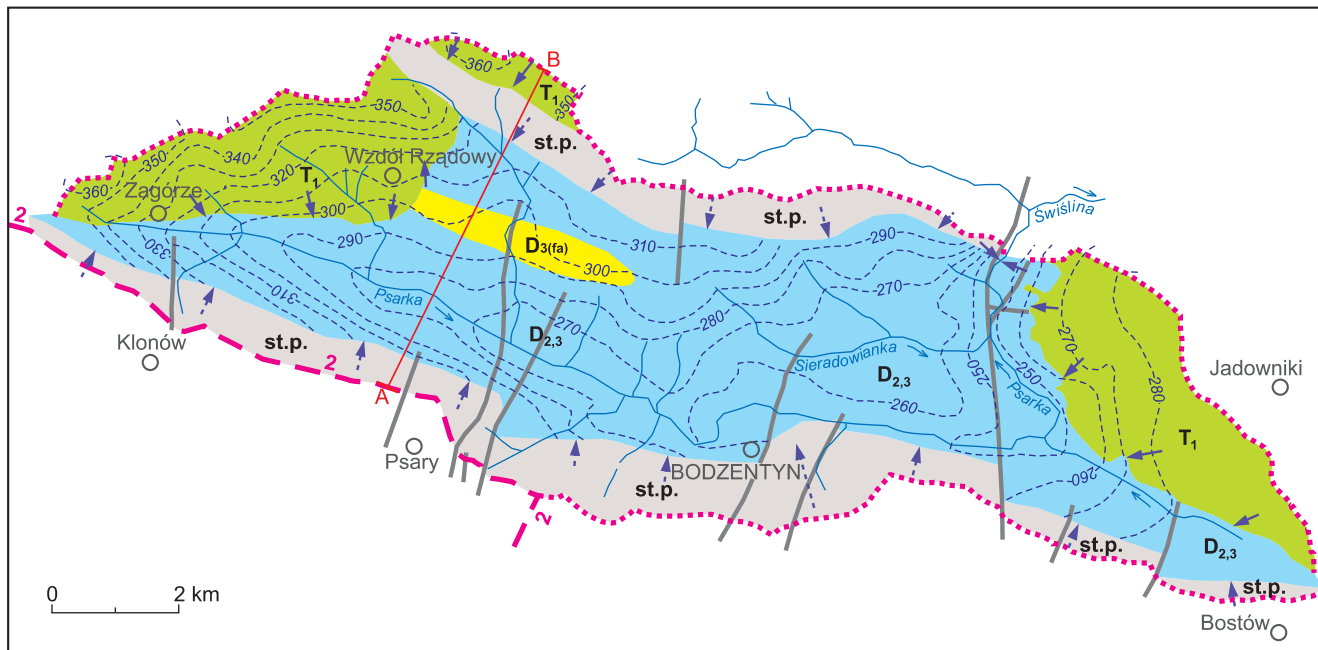


Fig. 11. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Bodzentyn

Hydrogeological sketch of the Bodzentyn groundwater reservoir

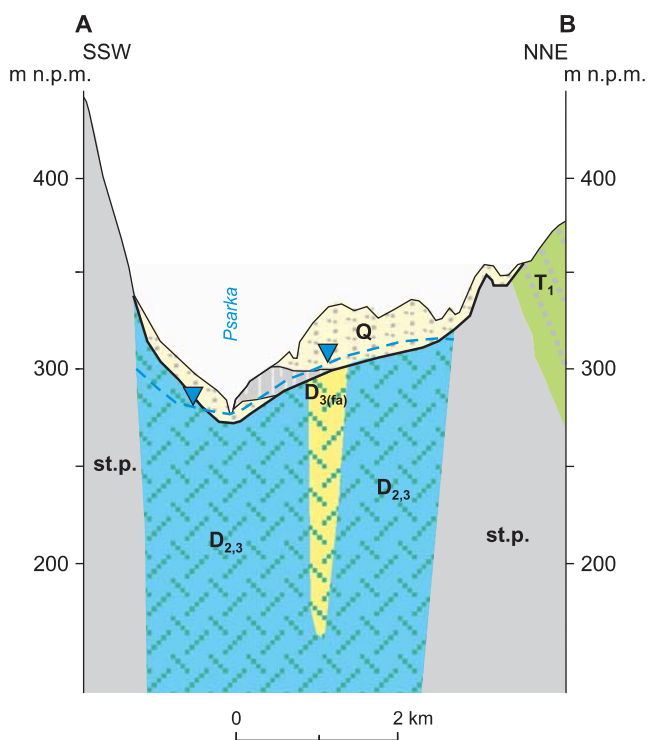






Fig. 12. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Bodzentyn

Hydrogeological cross-section through the Bodzentyn groundwater reservoir

Objaśnienia do szkiców i przekrojów hydrogeologicznych – figury od 11 do 38







Explanation to the hydrogeological sketches and cross-sections; Figures 11–38

ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH
GROUNDWATER RESERVOIRS



-  zbiorniki środkowo- i górnodewońskie
Middle and Upper Devonian reservoirs
- Poziomy wodonośne w zewnętrznym obszarze zasilania zbiornika
Aquifers in the external recharge area
-  główne użytkowe poziomy wodonośne
main usable aquifer
-  poziomy bardzo nisko wodonośne
very low water-bearing aquifer
-  skały półprzepuszczalne lub/i nieprzepuszczalne
semipermeable and impermeable rock

-  uskoki
fault
-  nasunięcia
overthrust

HYDRODYNAMIKA
HYDRODYNAMICS

-  hydroizohipsy
water table contour line
-  działy wodne krajowe (liczba oznacza rząd zlewni)
national watershed (number means an order of catchment area)
-  działy wodne lokalne
local watershed
-  regionalne leje depresji
regional depression cone
-  kierunek przepływu wód podziemnych
direction of groundwater flow
-  jw. w stropowych, zwietrziałych partiach skał półprzepuszczalnych lub/i nieprzepuszczalnych
as above: at top and weathered parts of semipermeable and impermeable rocks



ODWODNIENIA GÓRNICZE
MINE DEWATERING

-  **Jaźwica** – odwadniana kopalnia, rzędna odwodnienia
dewatered mine, water table elevation
- Jaźwica**
210
-  linia przekroju hydrogeologicznego
hydrogeological cross-section

Stratygrafia
Stratigraphy




- Q** czwartorzęd
Quaternary
- Ng_(m)** neogen – miocen
Neogene – Miocene
- J₁** jura dolna
Lower Jurassic
- T₃** trias górny
Upper Triassic
- T₂** trias środkowy
Middle Triassic
- T₁** trias dolny
Lower Triassic
- P₃** perm górny
Upper Permian
- C₁** karbon dolny
Lower Carboniferous
- D_{3(fa)}** dewon górny – famen
Upper Devonian – Famennian
- D_{2,3}** dewon środkowy i górny – fran
Middle and Upper Devonian – Frasnian
- D₁** dewon dolny
Lower Devonian
- st.p.** starszy paleozoik (dewon dolny, sylur, ordowik, kambr)
older Paleozoic (Lower Devonian, Silurian, Ordovician, Cambrian)

Wielootworowe ujęcie komunalne dla Kielc
Multiwell groundwater intake of Kielce town




-  eksploatowane
exploited
-  nieczynne (niepodłączone)
not active (not connected to exploitation)

Objaśnienia uzupełniające do przekrojów hydrogeologicznych
Complementary explanations to the hydrogeological cross-sections

Osady czwartorzędowe
Quaternary sediments

-  przepuszczalne
permeable
-  półprzepuszczalne
semipermeable
-  zwierciadło statyczne wód podziemnych
groundwater level

Ośrodki hydrogeologiczne skał przepuszczalnych
Groundwater medium of permeable rocks

-  ośrodki porowe
porous medium
-  ośrodki szczelinowo-porowe
fractured-porous medium
-  ośrodki szczelinowe-krasowe
fracture-karst medium

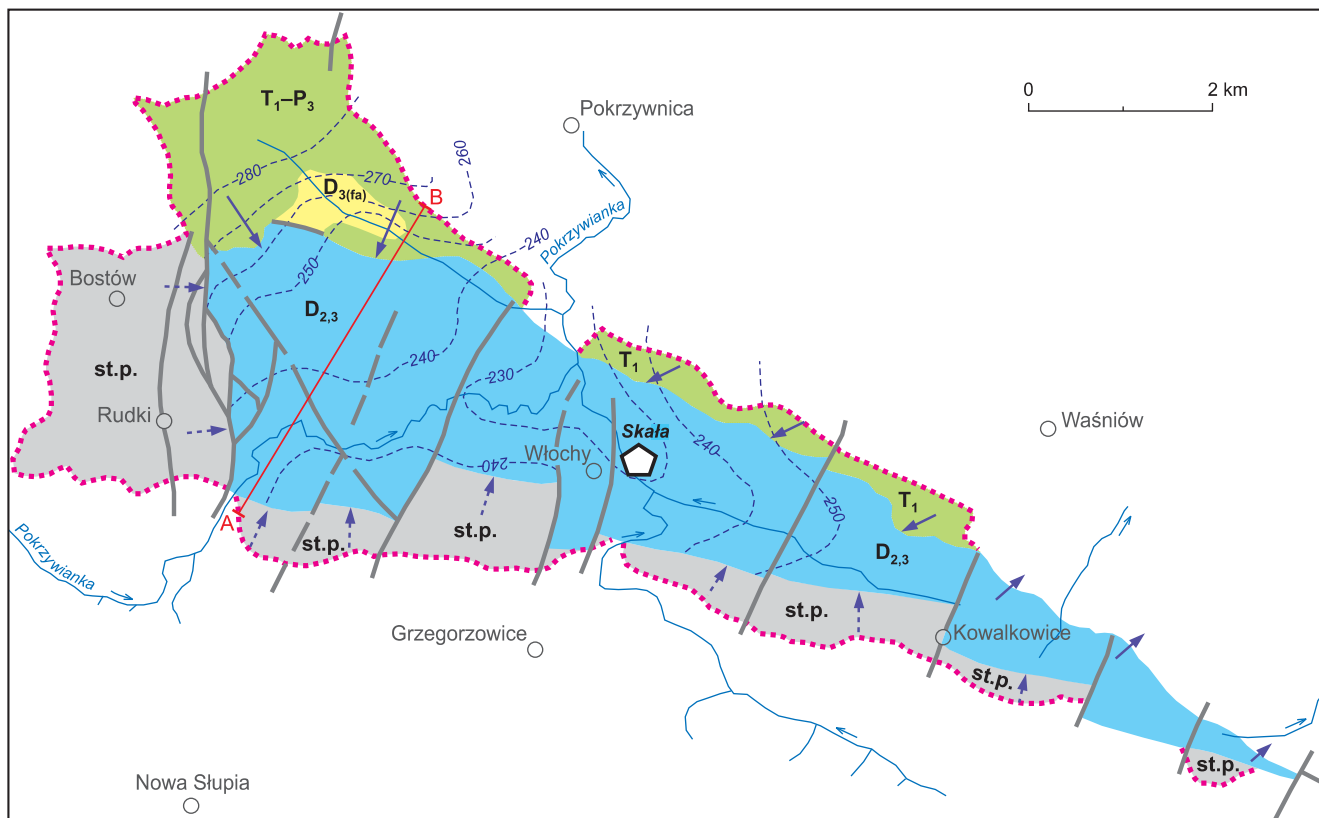


Fig. 13. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Włochy

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Włochy groundwater reservoir

For explanations see page 23

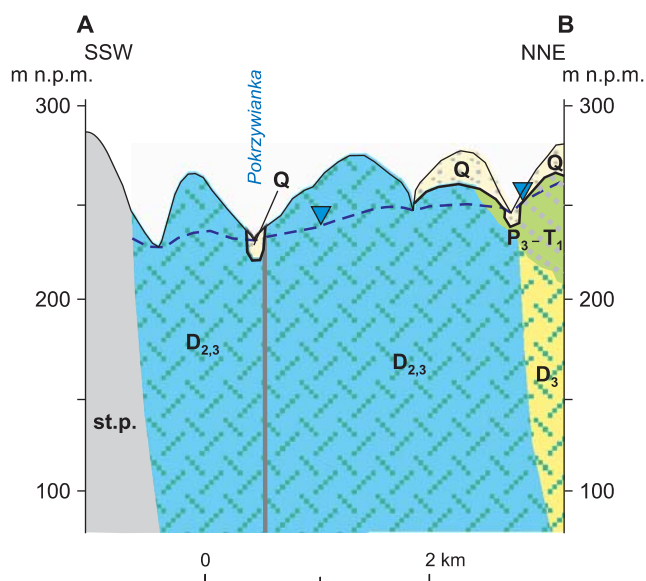


Fig. 14. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Włochy

Hydrogeological cross-section through the Włochy groundwater reservoir

30 m³/h, a aktualna rezerwa zasobowa wynosi 170 m³/h. Wpływ na jej okresowe zmniejszenie, oceniane przez autora na około 50–100 m³/h, będzie miało jednak planowane odwodnienie kamieniołomu Skała.

Zbiornik Miedziana Góra

Zbiornik tworzą wapienie i dolomity poziomu środkowo- i górnodewońskiego, w synklinie miedzianogórskiej położonej w północno-zachodniej części synklinorium kielecko-łagowskiego, na zachód od poprzecznego uskoku w rejonie Dąbrowy koło Kielc (fig. 8, 10). Rozciąga się on na obszarze 15,70 km², a wraz z obszarami zasilania zajmuje powierzchnię 24,81 km². Zalegające w jądrze synkliny niskowodonośne utwory wyższej części dewonu górnego (famenu) oraz półprzepuszczalne i nieprzepuszczalne utwory karbonu dolnego na powierzchni dzielą go na część północną (5,20 km²) i południową (10,50 km²). Kontakt hydrauliczny pomiędzy nimi jest niewątpliwie ograniczony i zależy od miąższości młodszych warstw rozdzielających (fig. 15, 16). Zbiornik niemal w całości znajduje się w zlewni powierzchniowej i podziemnej II rzędu rzeki Nidy, III rzędu Czarnej Nidy i IV rzędu Bobrzy. Wyjątek stanowi niewielki fragment części południowo-wschodniej położony w przylegającej od wschodu zlewni IV rzędu rzeki Lubrzanki. Od północnej i południowej strony graniczy on z półprzepuszczalnymi lub/i nieprzepuszczalnymi utworami starszego paleozoiku, na wschodzie wzdłuż poprzecznego uskoku o przebiegu N–S ze środkowo- i górnodewońskim zbiornikiem Wola Kopcowa, natomiast od strony zachodniej z leżącym na nim niezgodnie wodonośnym poziomem dolnotriasowym obrzeżenia permsko-mezozoicznego Gór Świętokrzyskich, który wkracza tam dwiema „zatkami” na teren synkliny miedzianogórskiej.

Granice zewnętrznych obszarów zasilania zbiornika biegną po lokalnych działach wodnych na wyniesieniach zbudowanych z półprzepuszczalnych i/lub nieprzepuszczalnych utworów staropaleozoicznych. Łączna powierzchnia zewnętrznych obszarów zasilania wynosi 9,11 km², w tym: utwory staropaleozoiczne 3,01 km², niskowodonośna, wyższa część poziomu górnodewońskiego wraz z półprzepuszczalnymi lub/i nieprzepuszczalnymi utworami karbonu dolnego w jądrze synkliny 4,51 km², a wkraczający zatokami od zachodu poziom dolnotriasowy pokrywa zbiornik na powierzchni 1,59 km².

Dopływ wód do zbiornika z utworów staropaleozoicznych odbywa się przede wszystkim w ich stropowych zwietrzałych partiach i leżących na nich miejscami osadach czwartorzędowych o różnej wodoprzepuszczalności. Podobnie, zgodnie ze spadkiem terenu, kształtuje się dopływ do południowej części zbiornika z zalegających w jądrze synkliny miedzianogórskiej słabo przepuszczalnych i półprzepuszczalnych utworów karbonu dolnego i dewonu górnego (famenu).

Głównymi strefami drenażu wód podziemnych w zachodniej i centralnej części zbiornika jest rzeka Sufraganiec i jej dopływy, a w części wschodniej rzeka Silnica. Odpływ lateralny do przylegających od południa sąsiednich struktur hydrogeologicznych ma miejsce tylko w dwóch wąskich

strefach, w których biegną także wypełnione przepuszczalnymi osadami doliny Sufragańca i Silnicy. W części zachodniej dominuje odpływ do poziomu dolnotriasowego, a z niewielkiego obszaru w części wschodniej do sąsiedniego zbiornika Wola Kopcowa. W południowo-zachodniej części zbiornika naturalne kierunki przepływu wód podziemnych są zaburzone przez odwodniane do rzędnej 230 m n.p.m. wyrobisko kopalni wapieni i dolomitów Laskowa. Woda z rzepia kopalni w ilości 157–167 m³/h, wg stanu na 2009 r., jest odprowadzana do rzeki Bobrzy.

Środkowo- i górnodewońskie wapienie i dolomity mają przepuszczalność od słabej do dobrej z tym, że przeważa przepuszczalność średnia. Wydajności studzien wierconych o głębokościach od 44 do 130 m wynoszą od 1,2 do 217,8 m³/h. Przeważa wodonośność wysoka odpowiadająca wydajności potencjalnej studni wierconej 50–70 m³/h (Prażak, 1997b). Zasoby wód podziemnych pochodzące z infiltracji efektywnej w granicach samego zbiornika wynoszą około: 50 m³/h w jego części północnej i 140 m³/h w części południowej (Prażak, 1994a). Dopływ boczny z obszarów zasilania szacuje się na około 100 m³/h z tym, że w ponad 90% zasila on tylko południową część zbiornika. Wspólny moduł infiltracji efektywnej dla zbiornika i obszarów jego zasilania wynosi 11,69 m³/h · km². Jego zasoby dyspozycyjne szacuje się na 70% zasobów odnawialnych i wynoszą one około 200 m³/h, z tego 40 m³/h przypada na część północną, a 160 m³/h na część południową. Studnie są zlokalizowane w bardziej zasobnej części południowej, a pobór wody nie przekracza 40 m³/h. Głównym użytkownikiem wody jest elektrociepłownia Kielce.

Zbiornik Kielce

Zbiornik stanowi poziom środkowo- i górnodewoński w południowo-zachodniej części synklinorium kielecko-łagowskiego, w synklinie, a w północnej części także i antyklinie kieleckiej, na zachód od poprzecznego uskoku biegnącego doliną rzeki Lubrzanki (fig. 8, 10). Zalegające w jądrze synkliny kieleckiej słabo przepuszczalne utwory wyższej części dewonu górnego (famenu) i nieprzepuszczalne utwory karbonu dolnego rozdzielają go na części północną (17,2 km²) i południową (22,3 km²), które kontaktują się tylko w wąskiej strefie na skraju wschodniej części zbiornika (fig. 17, 18). Łączna powierzchnia zbiornika wynosi 39,5 km².

Zbiornik znajduje się w zlewni powierzchniowej i podziemnej rzeki Czarnej Nidy (IV rzędu), w zlewniach jej dopływów Bobrzy (część zachodnia i centralna) i Lubrzanki (część wschodnia). Stanowi on część dużego obszaru bilansowego o powierzchni 150,6 km², który obejmuje również poziomy: górnortriasowy, środkowortriasowy, dolnotriasowy, górnopermski, dolnokarboński i górnodewoński (famenu) oraz środkowodewoński innych struktur hydrogeologicznych, a także grupa pięter staropaleozoicznych wraz z pokrywającym je nieciągłym piętrzem czwartorzędowym (fig. 17). Łączna powierzchnia poziomów otaczających wynosi 111,1 km² i jest ponad dwukrotnie większa od powierzchni samego zbiornika,

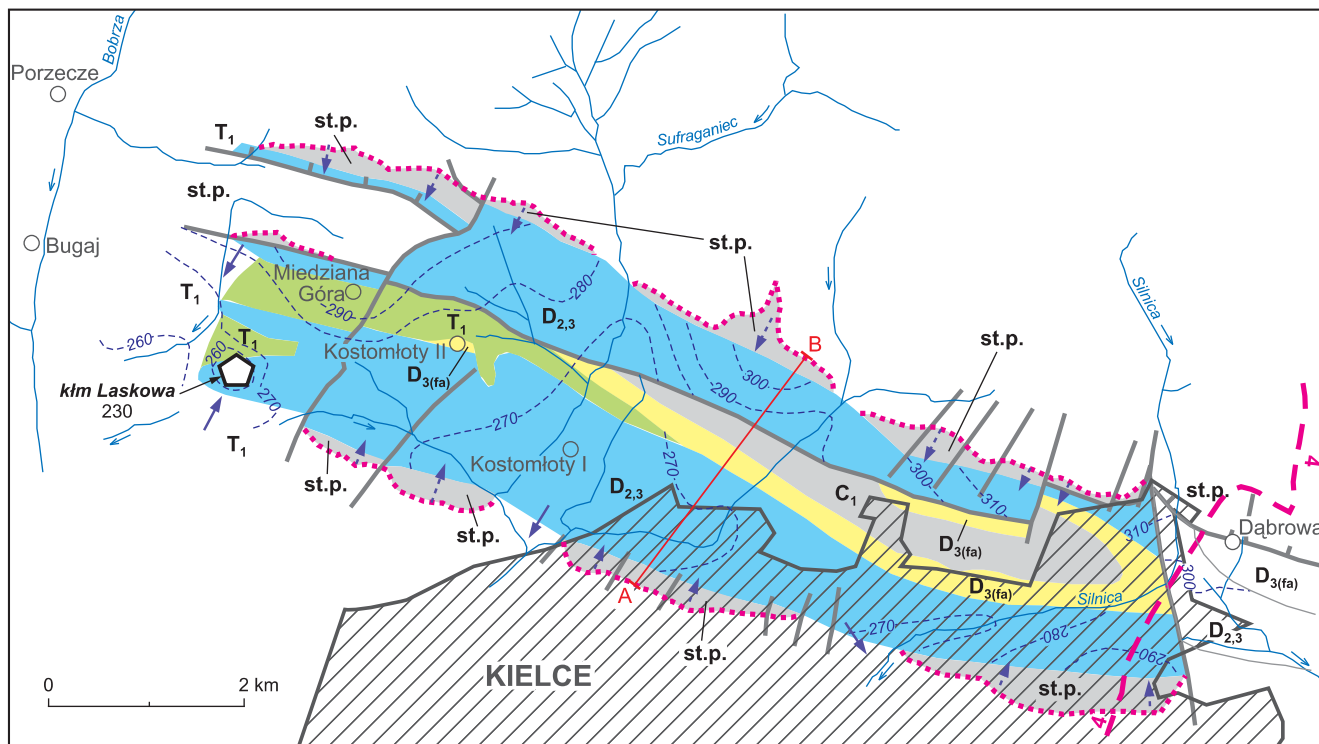


Fig. 15. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Miedziana Góra

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Miedziana Góra groundwater reservoir

For explanations see page 23

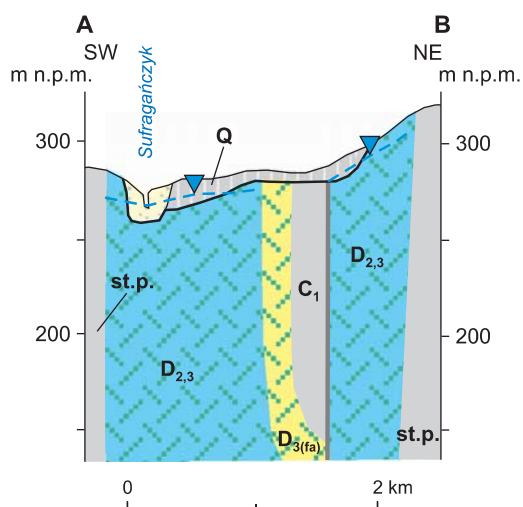


Fig. 16. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Miedziana Góra

Hydrogeological cross-section through the Miedziana Góra groundwater reservoir

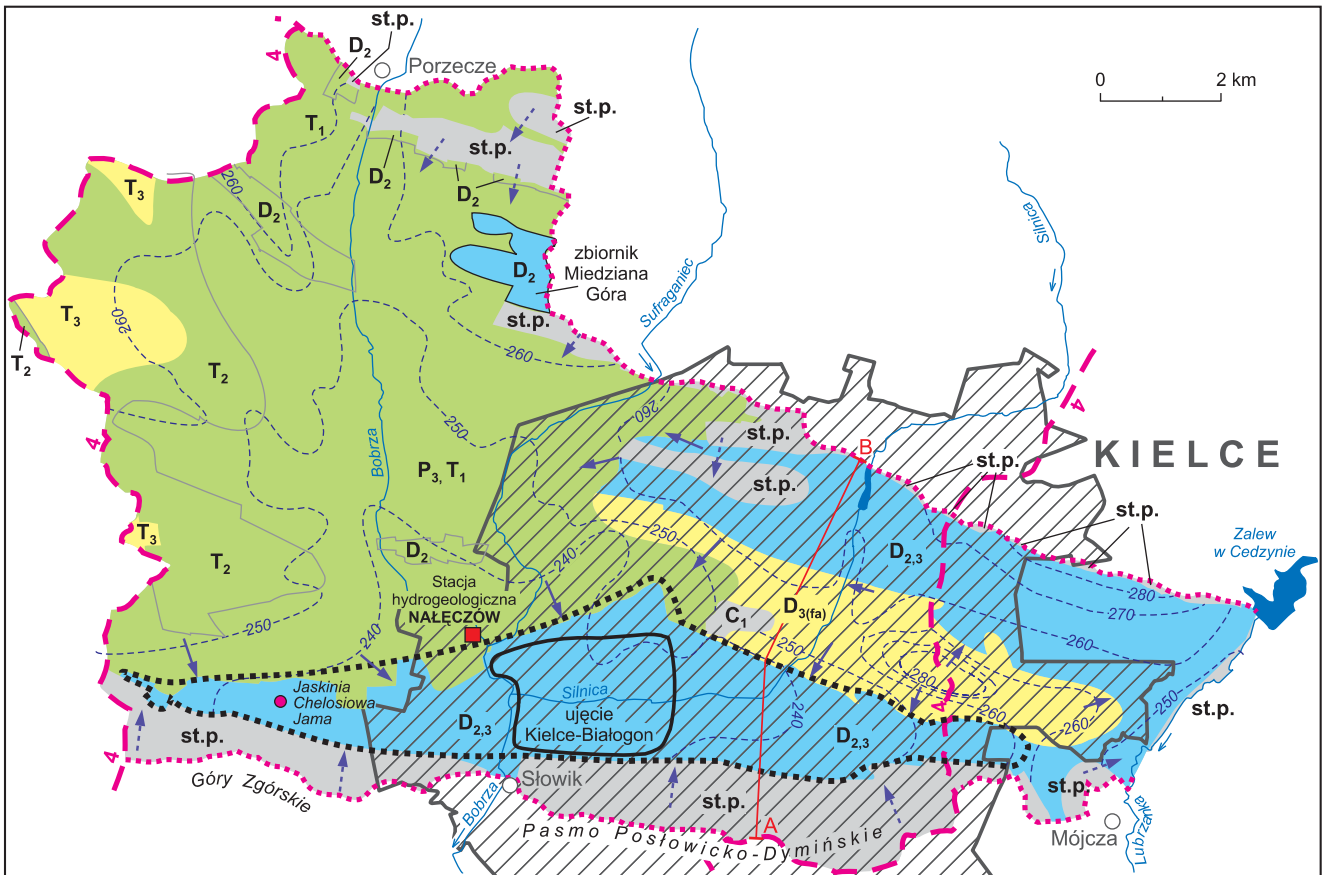


Fig. 17. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Kielce

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Kielce groundwater reservoir

For explanations see page 23

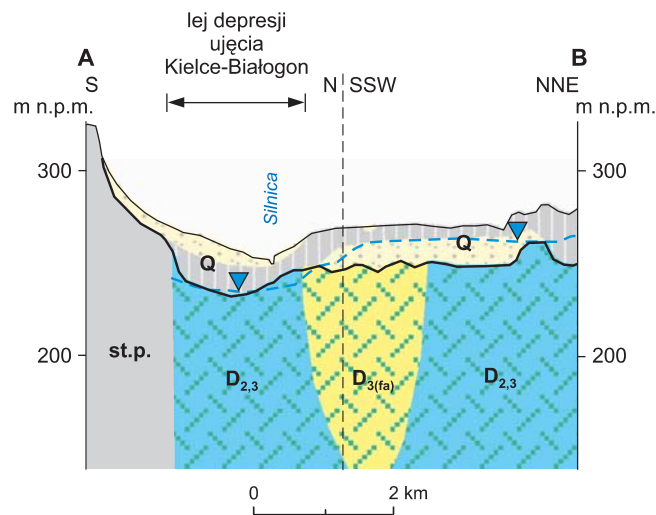


Fig. 18. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Kielce

Hydrogeological cross-section through the Kielce groundwater reservoir

który zajmuje w tym systemie szczególną pozycję hydrodynamiczną.

Na północy obszar bilansowy w większości jest ograniczony lokalnymi działami wód podziemnych i powierzchniowych, biegnącymi głównie po szczytach wzgórz zbudowanych z utworów triasu dolnego i starszego paleozoiku. Stanowią one istotną barierę hydrodynamiczną, rozciętą jedynie przez doliny wpływających od północy rzek: Bobrzy, Sufragańca i Silnicy. Na południu obszar ogranicza również dział wodny biegnący po szczytach zbudowanych z nieprzepuszczalnych skał starszego paleozoiku wzgórz Pasma Zgórskiego i Pasma Połowicko-Dymińskiego. Doliny rzek Bobrzy i Lubrzanki przekraczają je głęboko wciętymi przełomami. Południowa część zbiornika środkowo- i górnodewońskiego przylega do ograniczających tam obszar bilansowy nieprzepuszczalnych skał starszego paleozoiku, a w części centralnej i zachodniej graniczy z przylegającym od północy i pokrywającym piętro dewońskie permsko-triasowym kompleksem wodonośnym (poziomy: górnopermski, dolnotriasowy, środkowotriasowy, górnotriasowy). Wschodnia część zbiornika jest rozdzielona na część północną i południową przez słabo przepuszczalne utwory dewonu górnego (famenu) i nieprzepuszczalne karbonu dolnego w jądrze synkliny kieleckiej. Pomiędzy poziomem środkowo- i górnodewońskim w południowej części zbiornika a przylegającym do niego permsko-triasowym kompleksem wodonośnym istnieje bardzo dobry kontakt hydrauliczny. Dokumentuje go między innymi profil stacji hydrogeologicznej PIG-PIB w Nałęczowie w Kielcach (fig. 19).

Naturalną strefą drenażu zachodniej i centralnej części obszaru bilansowego jest płynąca z północy na południe rzeka Bobrza, a w części wschodniej, płynąca wzdłuż granicy z nieprzepuszczalnymi utworami starszego paleozoiku, rzeka Lubrzanka. Naturalne warunki hydrogeologiczne w tym obszarze zostały jednak znacznie zmienione przez eksploatację ujęć wód podziemnych, głównie na terenie Kielc i odwodnienie jedynie na tym terenie kopalni odkrywkowej Laskowa. Południowa część zbiornika niemal w całości jest drenowana przez studnie i objęta lejem depresji ujęcia komunalnego Kielce-Białogon. Przed eksploatacją ujęcia, w warunkach nie zaburzonych eksploatacją, ciśnienia piezometryczne wody poziomu środkowo- i górnodewońskiego na jego terenie (dolina Bobrzy i ujściowy odcinek doliny Silnicy) kształtowały się około 1 m powyżej poziomu terenu. Pobór wody spowodował zmniejszenie ciśnień piezometrycznych i obniżenie zwierciadła wody zarówno w poziomie środkowo- i górnodewońskim, jak i w nadległym poziomie czwartorzędowym (Prażak, 1994a, c; Wolski i in., 1995; Porwisz i in., 2003). W leju depresji ujęcia rzeki zmieniły swój charakter z drenującego na infiltrujący – Silnica na stałe, a Bobrza okresowo.

Dział wód podziemnych pomiędzy zlewniami Bobrzy i Lubrzanki jest zmienny i zależy bezpośrednio od wielkości poboru wody z ujęć komunalnych zlokalizowanych w zlewni Bobrzy. Wytworzony przez nie lej depresji powoduje przesunięcie działu w kierunku wschodnim i zmniejszenie zlewni podziemnej Lubrzanki. Zaznacza się to wyraźnie

w południowej części zbiornika, gdzie przesunięcie granicy zlewni powoduje lej depresji ujęcia Kielce-Białogon. Podobna sytuacja miała niegdyś miejsce także w północnej części zbiornika, lecz po zaniechaniu intensywnej eksploatacji zlokalizowanych tam ujęć komunalnych dział wód podziemnych pokrywa się znów z działem wód powierzchniowych (fig. 17).

Parametry hydrogeologiczne wapieni i dolomitów środkowo- i górnodewońskich (franu) są bardzo zmienne. Charakteryzują się wodoprzepuszczalnością od słabej do dobrej z tym, że najczęściej spotyka się przepuszczalność średnią i dobrą. Wśród 43 otworów studziennych w 14 stwierdzono przepuszczalność dobrą, w 19 średnią, w 7 słabą, a w 3 przypadkach skały były półprzepuszczalne (fig. 20). Analiza przestrzenna wykazuje, że przeważająca część zbiornika charakteryzuje się wodonośnością wysoką i średnią. Wodonośność bardzo wysoką udokumentowano tylko w południowej części zbiornika na terenie ujęcia komunalnego w dzielnicy Białogon. Z niektórych zlokalizowanych tam studzien uzyskano podczas próbnych pompowań wydajności rzędu 360 m³/h; jedna studnia była negatywna. W północnej części zbiornika dominuje natomiast wodonośność średnia. Wodonośność niska jest spotykana tylko w najbardziej skrajnych partiach wschodniej i zachodniej części zbiornika.

Parametry hydrogeologiczne otaczających zbiornik pięter/poziomów wodonośnych w obszarze jego zasilania są zróżnicowane. Poziomy staropaleozoiczne są półprzepuszczalne i nieprzepuszczalne i nie stanowią użytkowego poziomu wodonośnego. Słabo przepuszczalne są jedynie w stropowych, zwietrzałych partiach o miąższości od kilku do kilkunastu metrów. Zbudowane z nich wyniesienia morfologiczne pokryte są miejscami przez osady czwartorzędowe, z których infiltrujące wody opadowe przesiakają do zbiornika dewońskiego. Poziom górnodewoński (famen) w jądrze synkliny kieleckiej ma niską wodonośność, ale miejscami jest półprzepuszczalny. Zgodnie z osią synkliny biegnie przez niego dział wód podziemnych, od którego odpływają one do północnej lub południowej części zbiornika. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku odsłaniających się na niewielkim obszarze w jądrze synkliny półprzepuszczalnych i nieprzepuszczalnych utworów dolnokarbońskich. Poziomy: górnopermski (zlepieńce, piaskowce, mułowce iły), dolnotriasowy (piaskowce, iły, wapienie i margle) i środkowotriasowy (wapienie i margle) charakteryzują się głównie wodonośnością średnią i niską. Podobną wodonośność ma także odsłaniający się spod nich, miejscami w zrębach tektonicznych, poziom środkowo- i górnodewoński. Wodonośność wysoka spotykana jest tylko lokalnie. Poziom górnotriasowy ze względu na bardzo niskie parametry filtracji półprzepuszczalnego kompleksu łupków i iłowców z cienkimi przewarstwieniami piaskowców, nie stanowi użytkowego poziomu wodonośnego. Istnieje w nim jednak przepływ wód podziemnych w kierunku zbiornika Kielce.

Zasoby wód podziemnych pochodzące z infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych w granicach samego zbiornika dewońskiego wynoszą od 734 m³/h (moduł 18,5 m³/h · km²), w tym 274,04 m³/h w części północnej i do

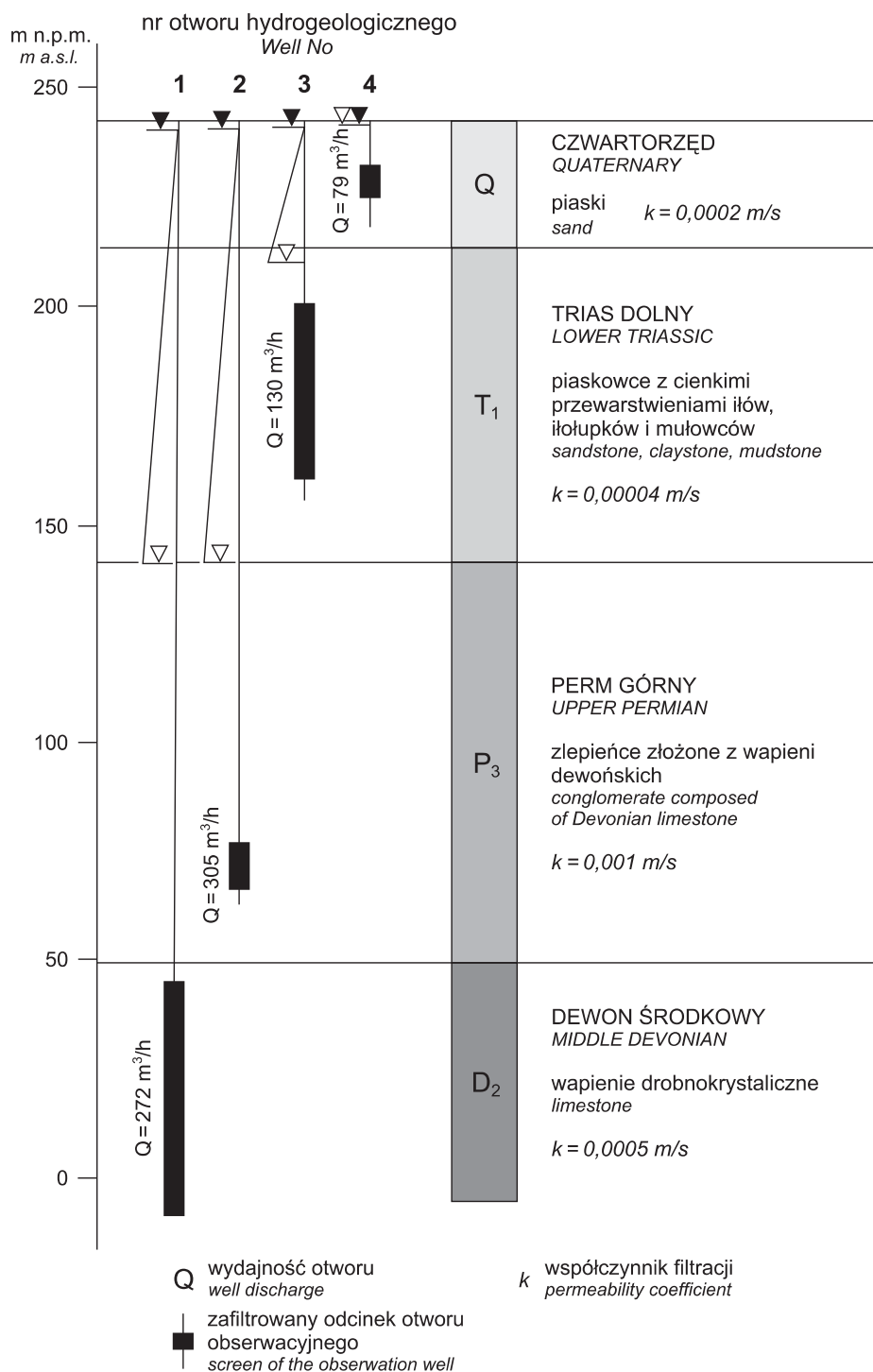


Fig. 19. Profil otworów obserwacyjnych stacji hydrogeologicznej PIG-PIB w Nałęczowie w Kielcach

Hydrogeological profile of observation wells of the Nałęczów Station of PGI-NRI in Kielce

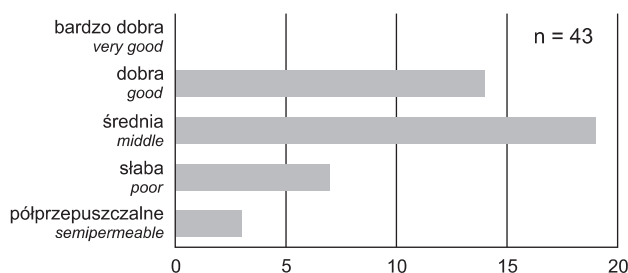


Fig. 20. Wodoprzepuszczalność wapieni i dolomitów środkowo- i górnodewońskich zbiornika Kielce

Middle and Upper Devonian limestone and dolomite permeability of the Kielce reservoir

460 m³/h w części południowej. Przy ocenie możliwości poboru wody należy także uwzględnić dodatkowe zasilanie przez dopływy lateralne z otaczających pięter/poziomów wodonośnych. Szczególne znaczenie ma dopływ z przylegającego od północnego zachodu poziomu dolnotriasowego i górnopermskiego o dobrych parametrach filtracji, z którymi zbiornik ma bezpośredni kontakt hydrauliczny.

Infiltracja efektywna opadów atmosferycznych w całym obszarze bilansowym o powierzchni 150,6 km² wynosi 2182, 8 m³/h (moduł 14,49 m³/h · km²). Jego zasoby dyspozycyjne limitowane są przepływem nienaruszalnym rzeki Bobrzy i szacuje się je na około 70% zasobów odnawialnych, tj. 1530 m³/h, co odpowiada modułowi 10,1 m³/h · km² (Prażak, 1994a). Korzystne warunki do budowy ujęć wód podziemnych panują nie tylko w środkowo- i górnodewońskim zbiorniku Kielce, lecz również w znajdujących się w obszarze jego zasilania piętrach permskim i triasowym. W zlewni zbiornika znajduje się także najbardziej zachodnia część opisanego powyżej dewońskiego zbiornika Miedziana Góra.

Głównym użytkownikiem wód podziemnych w rozpatrywanym obszarze są wodociągi komunalne Kielce, czer-

piące wodę z położonego w południowej części zbiornika Kielce ujęcia Kielce-Białogon o zasobach eksploatacyjnych 1040 m³/h i poborze około 1000 m³/h. Pobór wody z pozostałych ujęć komunalnych i ujęć innych użytkowników ze zbiornika dewońskiego jest stosunkowo niewielki i nie przekracza sumarycznie 200 m³/h. Niewielki jest także pobór wody ze znajdujących się w jego obszarze bilansowym innych poziomów wodonośnych, który szacuje się na około 100 m³/h. W położonej w nim zachodniej części zbiornika Miedziana Góra odwadniane jest wyrobisko kopalni wapieni Laskowa (na poziomie 230 m n.p.m.). Woda z odwodnienia odprowadzana jest do cieków powierzchniowych w ilości około 150–180 m³/h.

Ujęcie Kielce-Białogon jest najstarszym i dotychczas największym ujęciem komunalnym Kielce (Prażak, Janecka-Styrcz, 2007). W latach 1929–1955 wodę pobierano tam z naturalnego źródła Siedem Źródeł w ilości do 180 m³/h w 1929 r., a następnie zwiększano pobór do 288 m³/h w 1955 r. Zapotrzebowanie miasta na wodę systematycznie wzrastało i dla zwiększenia wydajności ujęcia już w 1956 r. rozpoczęto pobór wody także z pierwszych, odwierconych w pobliżu źródła studni głębinowych. Studnie wiercono na terenie tzw. doliny białogońskiej, obejmującej ujściowy odcinek doliny rzeki Silnicy i część doliny Bobrzy w Białogonie (fig. 17). Obecnie jest to dzielnica Kielce. Ujęcie systematycznie rozbudowywano, dowiercając i włączając do eksploatacji kolejne studnie, łącznie 22 studnie, z których czynnych jest około 15. W 1973 r. naturalne źródło zostało objęte rozszerzającym się lejem depresji i uległo osuszeniu. Od tego czasu woda jest pobierana wyłącznie z wierconych studzien głębinowych (Prażak i in., 1990; Prażak, 1994a, c). W miarę rozwoju miasta pobór wody wzrastał, aż do ilości 1596 m³/h w 1988 r. W następnych latach zaczął ulegać systematycznemu zmniejszeniu w związku ze spadkiem zapotrzebowania miasta na wodę, aż do ilości około 1000 m³/h w 2010 r. (fig. 21).



Fig. 21. Pobór wody z ujęcia Kielce-Białogon

Exploitation of the Kielce-Białogon water intake

Ochrona ilości zasobów wód podziemnych ma na celu zachowanie przepływów nienaruszalnych rzek Bobrzy i Lubrzanki oraz ekosystemów zależnych od wód podziemnych w obszarze bilansowym zbiornika. W świetle istniejących materiałów dla obszaru bilansowego zbiornika zasoby dyspozycyjne są szacowane w ilości 1530 m³/h (Prażak, 1994a). W latach ubiegłych, szczególnie w końcu lat 90. XX wieku, pobór wody był znacznie większy. Do 1995 r. samo ujęcie komunalne Kielce-Białogon miało zatwierdzone zasoby eksploatacyjne w ilości 3600 m³/h, a maksymalny pobór wody wynosił 1596 m³/h (Błach, 1968, 1971) (fig. 21). Po szczegółowej analizie zmian hydrodynamicznych spowodowanych dotychczasową eksploatacją jego zasoby eksploatacyjne zmniejszono najpierw na okres 10 lat do 1400 m³/h (Prażak, 1994a), a po upływie tego okresu do 1040 m³/h (Porwisz i in., 2003). Przepływowy charakter północnej granicy południowej części zbiornika sprawia, że zasoby eksploatacyjne ujęcia Kielce-Białogon wzbogaca dopływ lateralny z przyległych poziomów dolnotriasowego i górnopermskiego o 580 m³/h. Zasoby odnawialne, pochodzące z infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych w samej tylko południowej części zbiornika Kielce wynoszą 460 m³/h.

Po 1990 r. zmniejszyło się zapotrzebowanie miasta na wodę, co spowodowało, że zmniejszył się pobór wody także z innych ujęć komunalnych i przemysłowych, a niektóre z nich zostały wyłączone z eksploatacji. Zmiany te spowodowały, że obecny pobór wody w rozpatrywanym obszarze nie przekracza już oszacowanych zasobów dyspozycyjnych obszaru zasilania zbiornika.

Zbiornik Wola Kopcowa

Zbiornik obejmuje część środkowo- i górnodewońskiego poziomu wodonośnego w synklinorium kielecko-łagowskim, położonym w zlewni rzeki Lubrzanki (dopływ Czarnej Nidy) (fig. 8, 10). Na zachodzie graniczy wzdłuż poprzecznego uskoku ze zbiornikiem Miedziana Góra. Uskok nie pokrywa się tam dokładnie z granicą zlewni i niewielki fragment zbiornika wykracza na teren sąsiedniej zlewni Bobrzy (fig. 22, 23). Podobnie wkracza na nią niewielki fragment południowo-zachodniej części zbiornika z tym, że dotyczy to tylko zlewni powierzchniowej, gdyż jego zlewnia podziemna jest w obszarze zlewni Lubrzanki (fig. 22). Od południowego wschodu granicę stanowi dział wodny z przylegającą od wschodu zlewnią rzeki Belnianki, w której znajduje się sąsiedni zbiornik Górno. Zalegające w osiach synklin o przebiegu WNW–ESE półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne utwory karbonu dolnego i słabo przepuszczalny poziom górnodewoński (famen), a w części zachodniej także odsłaniające się w jądrze antykliny nieprzepuszczalne utwory staropaleozoiczne, dzielą zbiornik na części – północną, środkową i południową, o łącznej powierzchni 10,16 km². Słabo przepuszczalne, półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne utwory dzielące zbiornik sprawiają, że jego poszczególne części (subzbiorniki) nie mają bezpośredniego kontaktu hydraulicznego (fig. 22, 23). W obszarze zasilania

zbiornika o powierzchni 29,86 km² znajdują się również ograniczające go od strony północnej i południowej utwory starszego paleozoiku. Powierzchnia wychodni utworów dzielących go na poszczególne części i zewnętrznych obszarów zasilania wynosi łącznie 19,7 km². Zbiornik jest drenowany przez rzekę Lubrzankę, jej dopływy i sztuczny Zalew w Cedzynie.

Moduł zasilania zlewni zbiornika równy 11,69 m³/h · km² przyjmuje się przez analogię do sąsiedniej zlewni zbiornika Miedziana Góra. Obliczone na jego podstawie zasoby odnawialne wynoszą 350 m³/h, a zasoby dyspozycyjne oszacowane w ilości 70% zasobów odnawialnych 245 m³/h. Rozkładają się one na trzy oddzielne subzbiorniki z tym, że główny obszar zasobowy stanowi subzbiornik środkowy, natomiast zbiorniki północny i południowy są niewielkie i mają znaczenie podrzędne. Głównym użytkownikiem wody jest ludność gminy Masłów, pobierająca wodę z ujęcia w Woli Kopcowej, zlokalizowanego po zachodniej stronie Zalewu w Cedzynie. Łączny pobór wody z tego ujęcia i innych ujęć indywidualnych nie przekracza 30 m³/h, a rezerwy wody w zbiorniku ocenia się na nieco ponad 200 m³/h.

Wodoprzepuszczalność wapieni i dolomitów poziomu środkowo- i górnodewońskiego jest średnia, lokalnie słaba, a wodonośność średnia i wysoka. Wydajności istniejących studzien wierconych o głębokościach od 30 do 100 m są bardzo zróżnicowane i wynoszą od 1,5 do 119,8 m³/h. Trzy studnie o głębokościach od 29 do 69 m ujmują wodę, również z uznanych ogólnie za słabo przepuszczalne, wapieni i wapieni marglistych dewonu górnego (famenu). Ich wydajność kształtuje się od 3,6 do 35,1 m³/h. Większa wydajność jednej z nich świadczy, że lokalnie utwory te są również przepuszczalne.

Zbiornik Górno

Zbiornik wydzielono w położonej w zlewni rzeki Belnianki części poziomu środkowo- i górnodewońskiego w synklinorium kielecko-łagowskim (fig. 8, 10). Wzdłuż granicy zachodniej sąsiaduje on ze zbiornikiem Wola Kopcowa, a od wschodu ze zbiornikiem Łągów w zlewni Czarnej Staszowskiej. Na północy i południu graniczy z półprzepuszczalnymi i/lub nieprzepuszczalnymi utworami starszego paleozoiku. W jego zlewni o powierzchni 146,15 km², oprócz samego zbiornika obejmującego powierzchnię 54,28 km², znajduje się również poziom górnodewoński (famen) oraz półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne utwory karbonu dolnego i starszego paleozoiku o łącznej powierzchni 91,87 km². Poziom środkowo- i górnodewoński wewnątrz synklinorium jest podzielony na trzy subzbiorniki przez zalegające w jądrach synklin o rozciągłości WNW–ESE utwory karbonu dolnego i dewonu górnego (famenu) oraz antyklinalne wypiętrzenie półprzepuszczalnych i/lub nieprzepuszczalnych utworów staropaleozoicznych w rejonie Lechowa (fig. 24, 25). Subzbiornik północny i środkowy mają kontakt hydrauliczny w wąskiej, kilkusetmetrowej strefie w centralnej części zbiornika, natomiast ewentualny kontakt subzbiornika środkowego z południowym może występować tylko lokalnie,

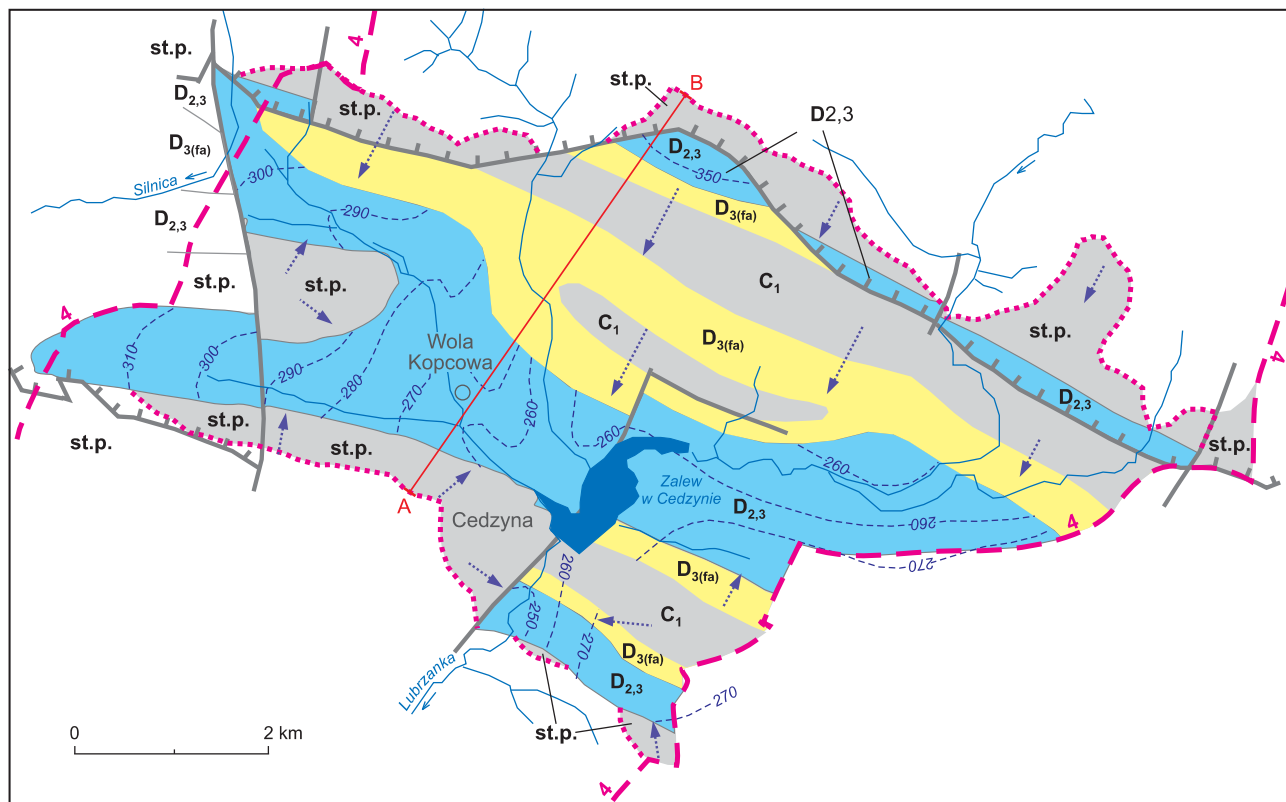


Fig. 22. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Wola Kopcowa

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Wola Kopcowa groundwater reservoir

For explanations see page 23

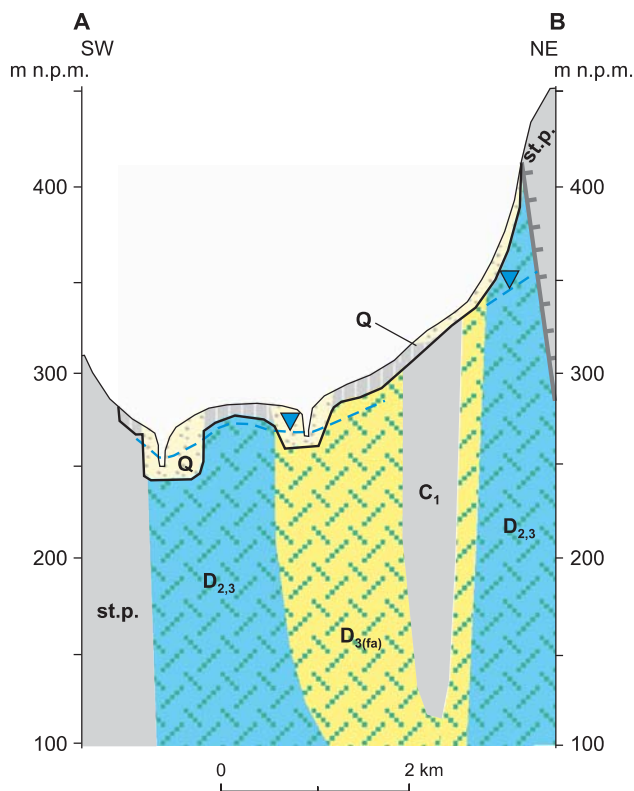


Fig. 23. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Wola Kopcowa

Hydrogeological cross-section through the Wola Kopcowa groundwater reservoir

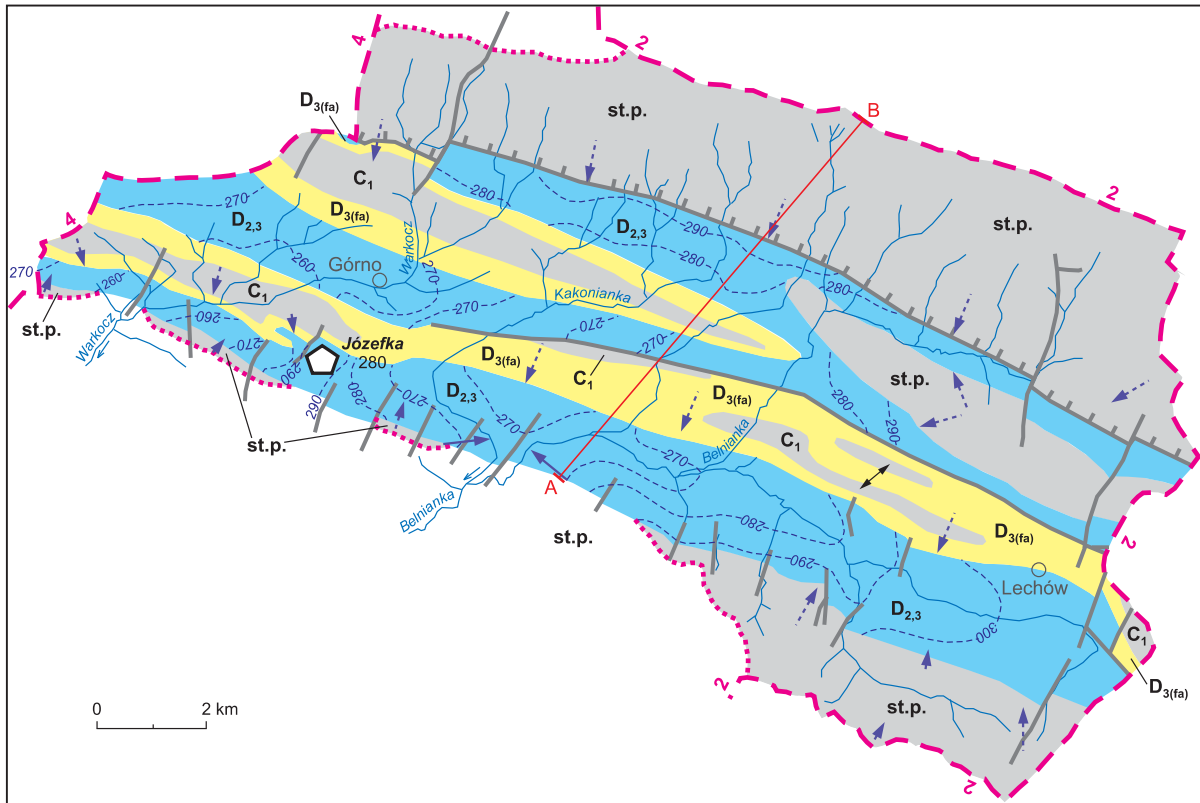


Fig. 24. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Górnó

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Górnó groundwater reservoir

For explanations see page 23

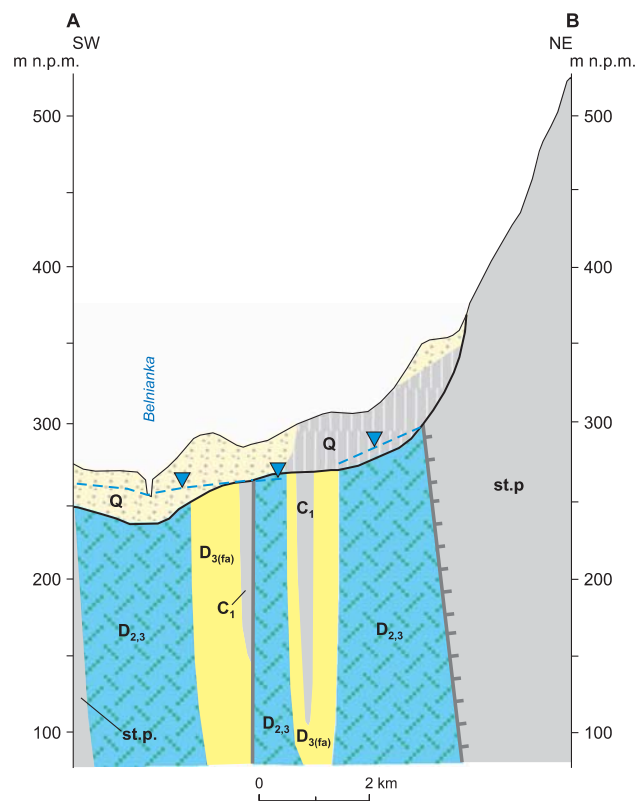


Fig. 25. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Górnó

Hydrogeological cross-section through the Górnó groundwater reservoir

poprzez słabo przepuszczalne utwory dewonu górnego, o bardzo zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych. Od północy i południa obszar zasilania zbiornika ograniczają lokalne działy wodne biegnące po nieprzepuszczalnych i/lub półprzepuszczalnych utworach starszego paleozoiku. Naturalnymi strefami drenażu są doliny rzek Belnianki i jej dopływów. Odpływ lateralny praktycznie nie istnieje.

Wodoprzepuszczalność wapieni i dolomitów środkowo- i górnodewońskich jest na ogół średnia i słaba. Dobrą spotyka się tylko lokalnie. Wodonośność jest średnia i niska. Wydajności studzien wierconych o głębokościach od 29 do 150 m, są bardzo zróżnicowane i wynoszą od 0,5 do 119 m³/h. Przepuszczalność poziomu górnodewońskiego (famenu) jest słaba. Nie spełnia on kryteriów poziomu użytkowego, a wydajności ujmujących go nielicznych studzien wierconych wynoszą od 1,9 do 9,1 m³/h. Zasoby odnawialne obszaru zasilania zbiornika szacuje się w ilości 1460 m³/h (moduł 10 m³/h · km²), a zasoby dyspozycyjne 1020 m³/h (70% zasobów odnawialnych). Woda z istniejących studzien wierconych jest pobierana głównie dla potrzeb wodociągów wiejskich, w ilości nie przekraczającej 70 m³/h. Niewielki pobór sprawia, że rezerwy wody w zbiorniku są duże i wynoszą ponad 900 m³/h. Ulegną one jednak zmniejszeniu w miarę postępu eksploatacji i odwodnienia odkrywkowej kopalni wapieni Józefka. Obecna ilość wody odprowadzanej z rżypia w dnie wyrobiska na poziomie 280 m n.p.m. jest jeszcze niewielka i nie przekracza 20 m³/h.

Zbiornik Łagów

Zbiornik obejmuje część poziomu środkowo- i górnodewońskiego w synklinorium kielecko-łagowskim, położoną w zlewni Łagowicy, należącej do zlewni II rzędu rzeki Czarnej Staszowskiej wraz z niewielkim fragmentem w rejonie Zamkowej Woli, położonym w zlewni II rzędu rzeki Kamiennej (fig. 8, 10). Półprzepuszczalne i nieprzepuszczalne utwory karbonu dolnego i nisko wodonośny poziom górnodewoński (famen) w jądrach synklin dzielą go na dwa subzbiorniki: północny w rejonie Piórków–Baćkowice i południowy w rejonie Łagowa, który w swej zachodniej partii jest rozdzielony na kolejne dwie części. W północno-zachodniej części zbiornika znajduje się, położony w zlewni Kamiennej, subzbiornik Zamkowej Woli, odizolowany od pozostałych jego części w zlewni Czarnej Staszowskiej antyklinalnym wypiętrzeniem nieprzepuszczalnych i półprzepuszczalnych utworów starszego paleozoiku (fig. 26, 27).

Kontakt hydrauliczny pomiędzy poszczególnymi subzbiornikami praktycznie nie istnieje lub jest bardzo ograniczony przez utwory rozdzielające o bardzo niskich parametrach hydrogeologicznych. Od strony północnej i południowej zbiornik graniczy z półprzepuszczalnymi lub/i nieprzepuszczalnymi utworami starszego paleozoiku. Obszar zasilania ma powierzchnię 85,45 km², w tym subzbiorniki środkowo- i górnodewońskie 41,76 km², a pozostałe utwory przedczwartorzędowe 43,69 km² (karbonu dolnego 2,63 km², dewonu górnego (famenu) 10,28 km² i starszego paleozoiku

30,78 km²). Zasoby odnawialne wszystkich części zbiornika autor ocenia na około 850 m³/h, w tym zasoby dyspozycyjne 600 m³/h (70% zasobów odnawialnych). Zasilanie warstw wodonośnych odbywa się przez infiltrację efektywną opadów atmosferycznych i dopływy lateralne z poziomu górnodewońskiego i stropowych partii półprzepuszczalnych i/lub nieprzepuszczalnych utworów karbonu dolnego i starszego paleozoiku. Naturalnymi strefami drenażu wód podziemnych w zachodniej części zlewni zbiornika jest rzeka Łagowica i jej dopływy, a w części wschodniej wpadająca do niej Wszachówka i jej dopływy. Przepuszczalność skał zbiornikowych jest głównie średnia i słaba, dobra tylko lokalnie. Wodonośność jest zróżnicowana, od niskiej do wysokiej. Wydajności ujmujących poziom środkowo- i górnodewoński studzien wierconych o głębokościach od 52 do 100 m wynosi od 10,6 do 118 m³/h.

Zbiornik Włostów

Zbiornik obejmuje środkowo- i górnodewoński poziom wodonośny położony w strukturach synklinalnych wschodniej części synklinorium kielecko-łagowskiego (fig. 8, 10). Odsłaniające się w strukturach antyklinalnych utwory staropaleozoiczne dzielą go na dwa subzbiorniki: północny o powierzchni 38,61 km² i południowy o powierzchni 50,09 km² (fig. 28, 29). Wraz z obszarami zasilania położony jest on w górnych częściach zlewni II rzędu Koprzywianki i Opátówki. W obszarze zasilania zbiornika o powierzchni 136 km², obok poziomu środkowo- i górnodewońskiego (88,70 km²), znajdują się również poziomy staropaleozoiczne zajmujące powierzchnię 41,85 km² i odsłaniający się w jądrach synklin poziom górnodewoński (famen) o powierzchni 5,45 km² (Meszczyński i in., 2001).

Zachodnia granica zlewni zbiornika biegnie po dziale wodnym zlewni II rzędu Koprzywianki, wzdłuż którego graniczy on z przylegającym od zachodu zbiornikiem Łagów. Po dziale wodnym zlewni Koprzywianki biegnie także zachodni fragment granicy północnej. Na pozostałych odcinkach granic zbiornika ma miejsce kontakt z nieprzepuszczalnymi i półprzepuszczalnymi utworami staropaleozoicznymi (fig. 28, 29). Wyjątek stanowi zachodni fragment granicy południowej, gdzie na niewielkim odcinku granica biegnie po lokalnym dziale wodnym na utworach starszego paleozoiku oraz wschodni odcinek granicy południowo-wschodniej, biegnącej również na utworach starszego paleozoiku, po dziale wodnym II rzędu pomiędzy zlewniami Koprzywianki i Opátówki i dochodzącym do niego od północy działem wodnym o charakterze lokalnym.

Zasilanie poziomu środkowo- i górnodewońskiego odbywa się przez infiltrację opadów atmosferycznych przez nadległe osady czwartorzędowe i dopływ lateralny ze znajdujących się w jego zlewni poziomów staropaleozoicznych i leżącego na nim lokalnie poziomu górnodewońskiego. Dopływ lateralny z poziomów staropaleozoicznych zachodzi tylko w ich stropowych, zwietrzałych partiach i pokrywających je osadach czwartorzędowych. Naturalnymi strefami drenażu wód podziemnych są miejscowe doliny rzek i cieków

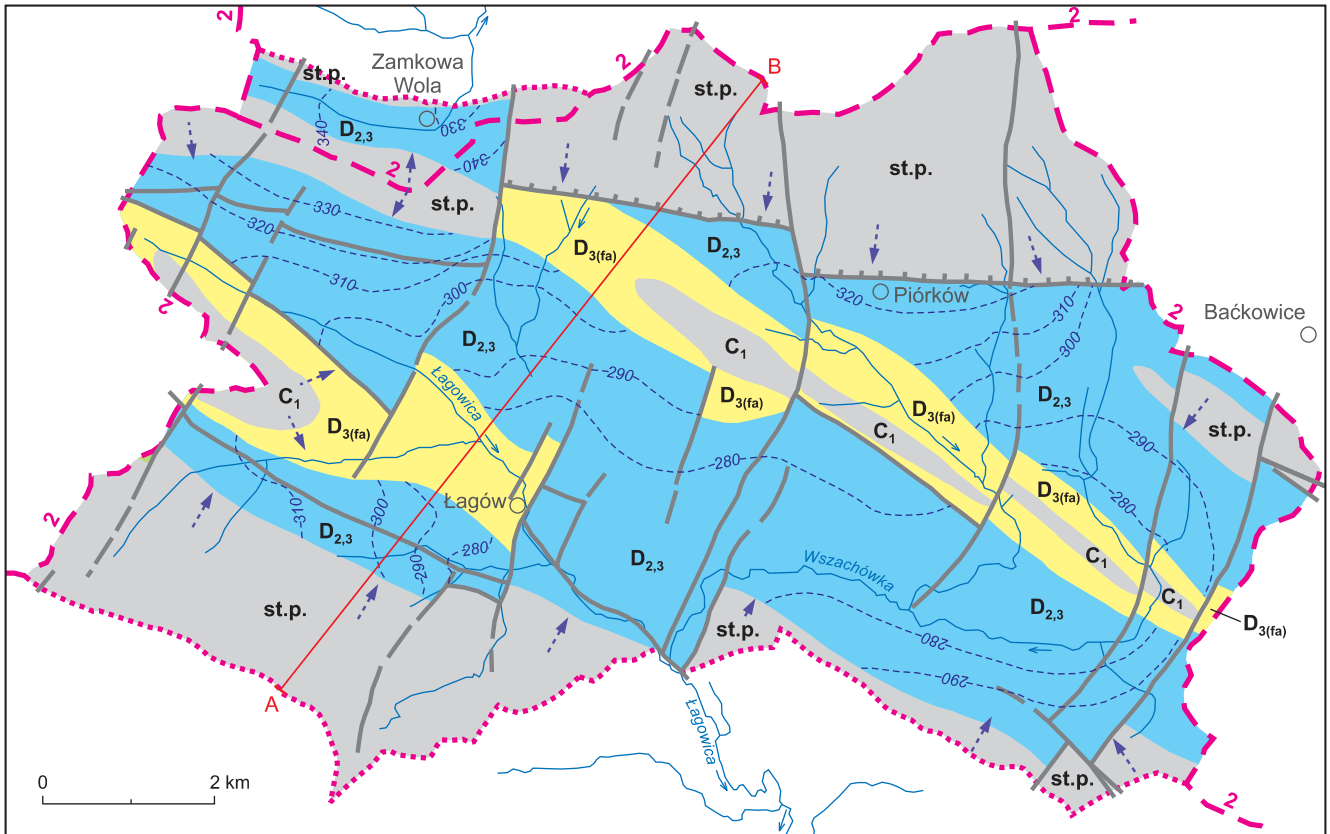


Fig. 26. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Łagów

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Łagów groundwater reservoir

For explanations see page 23

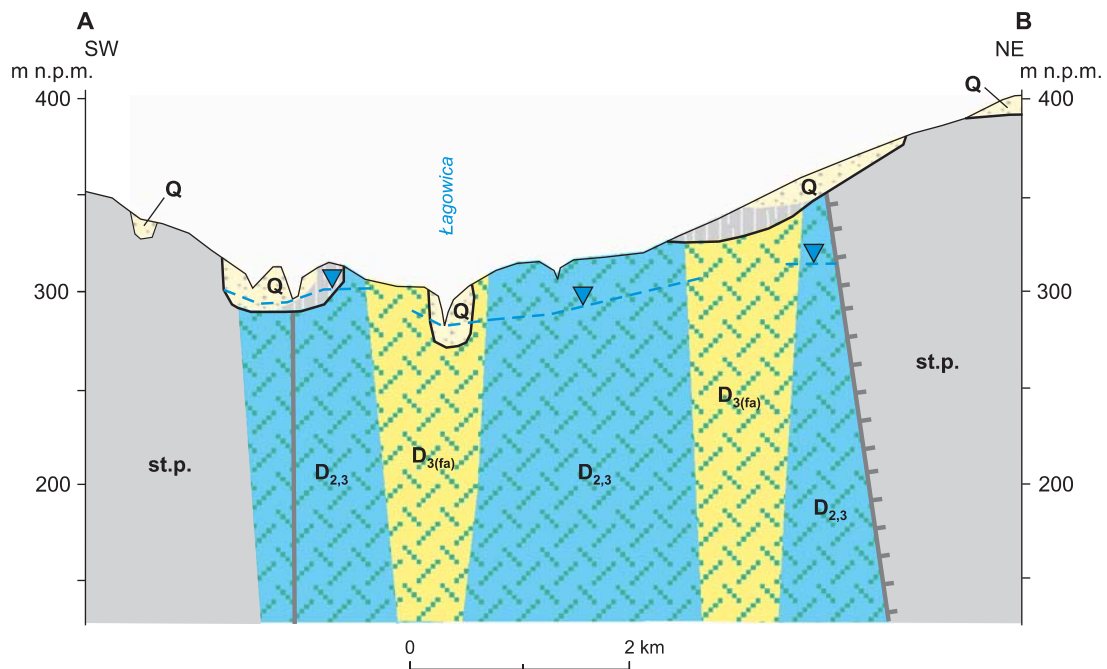


Fig. 27. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Łagów

Hydrogeological cross-section through the Łagów groundwater reservoir

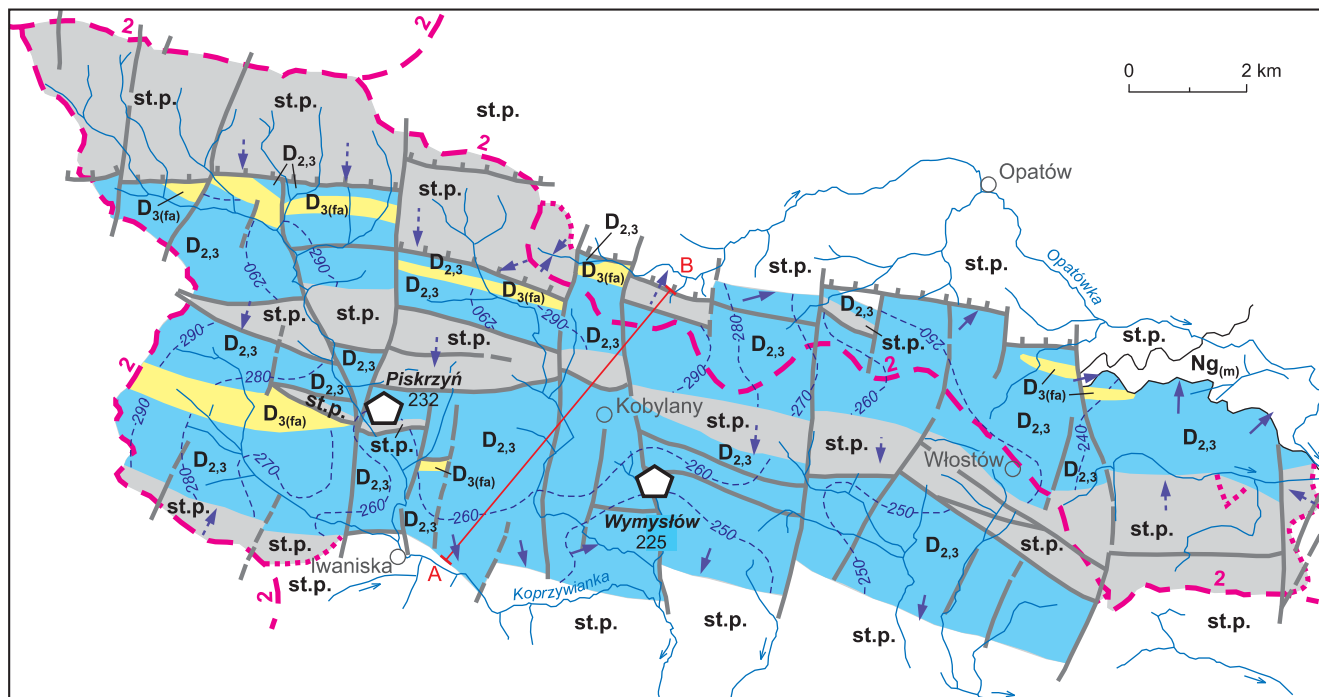


Fig. 28. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Włostów

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Włostów groundwater reservoir

For explanations see page 23

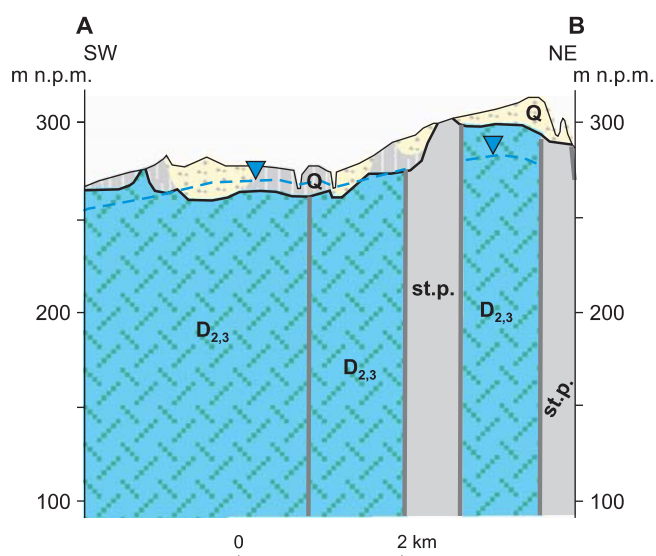


Fig. 29. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Włostów

Hydrogeological cross-section through the Włostów groundwater reservoir

powierzchniowych. Na znacznych odcinkach północnej i południowej granicy wody ze zbiornika odpływają także do stropowych partii przyległych poziomów staropaleozoicznych i leżących na nich osadów czwartorzędowych. Funkcję drenażu pełnią także ujęcia wód podziemnych i odwadnianie wyrobiska odkrywkowych kopalń wapieni i dolomitów w Piskrzyniu i Wymysłowie.

Wodoprzepuszczalność górno- i środkowodewońskich wapieni i dolomitów mieści się w granicach od dobrej przepuszczalności do półprzepuszczalnych z tym, że przeważa zdecydowanie średnia. Wodonośność jest jednak niska, a tylko lokalnie średnia lub wysoka (Wróblewska, Herman, 2000a, b; Cichecka, 2000; Meszczyński i in., 2001; Szczerbicka i in., 2001). Utwory staropaleozoiczne w otoczeniu zbiornika są nieprzepuszczalne i/lub półprzepuszczalne. Słabą przepuszczalność mają tylko w zwietrziałej strefie stropowej o miąższości od kilku do kilkunastu metrów. Słabą wodoprzepuszczalność mają także nadległe osady czwartorzędowe. Są to głównie lessy o miąższości od kilku do około 40 m, pod którymi występują miejscami warstwy piasków lub gliny zwałowej o miąższości nie przekraczającej najczęściej kilku metrów.

W „Dokumentacji zasobów dyspozycyjnych zlewni Koprzywianki i Opatówki” i „Dokumentacji określającej warunki hydrogeologiczne GZWP nr 421 Włostów” (Meszczyński i in., 2001) zasoby odnawialne zbiornika ustalono w ilości 997 m³/h, a dyspozycyjne oszacowano w ilości 778 m³/h (78% zasobów odnawialnych). Obecny pobór wody z ujęć nie przekracza 300 m³/h, a łączna ilość wody odprowadzanej z rąpi wyrobisk górniczych w 2009 r. wynosiła 340 m³/h, w tym w Piskrzyniu 110 m³/h i w Wymysłowie 230 m³/h. Obecne rezerwy eksploatacyjne wody w ilości około 140 m³/h są stosunkowo niewielkie. Wzrosną jednak w przyszłości po zaprzestaniu działalności górniczej.

Zbiornik Gałęzice–Bolechowice–Borków

Środkowo- i górnodewoński poziom wodonośny rozciąga się w położonej na południe od Kielc synklinie gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej o przebiegu WNW–ESE (fig. 8, 10). Południowe dzielnice miasta wkraczają na jego obszar. Jest to największy w Górach Świętokrzyskich rejon eksploatacji wapieni, dolomitów i margli dewońskich na potrzeby przemysłu: wapienniczego, cementowego, budownictwa, drogownictwa i cukrownictwa. Głębokie wyrobiska pięciu kopalń są odwadniane. Woda z odwodnień jest odprowadzana do najbliższych rzek, a tylko niewielkie jej ilości są wykorzystywane do celów technologicznych – płukanie kamienia. Powierzchnia zbiornika wynosi 132,57 km², a wraz z opisanymi poniżej obszarami jego zasilania dochodzi do 255,78 km². W części centralnej i wschodniej synkliny poziom środkowo- i górnodewoński odsłania się w jej jądrze i na skrzydłach, natomiast w części zachodniej tylko na skrzydłach, północnym i południowym (fig. 30, 31). W jądrze zalegają słabo przepuszczalne wapienie, łupki margliste i margle wyższej części dewonu górnego (famenu) oraz leżące na nich półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne łup-

ki krzemionkowe z soczewami wapieni karbonu dolnego. Odsłaniają się one tylko lokalnie, gdyż pokrywają je wkraczające od zachodu wąską i głęboką zatoką poziomy obrzeżenia permsko-mezozoicznego Gór Świętokrzyskich: zlepienie i margle poziomu górnopermskiego oraz piaskowce, mułowce i łyły poziomu dolnotriasowego.

Synklina znajduje się w zlewni powierzchniowej i podziemnej rzeki Nidy (II rzędu), z wyjątkiem jej wschodniego skraju położonego w zlewni Czarnej Staszowskiej (II rzędu). W zlewni Nidy jest to obszar zlewni powierzchniowych III rzędu: Czarnej Nidy i Białej Nidy. Działy wód podziemnych pierwotnie pokrywały się z działami wód powierzchniowych. Obecnie w części centralnej i zachodniej są one w wielu miejscach zmienione wskutek oddziaływania odwodnień wyrobisk górniczych i eksploatacji ujęć wód podziemnych.

Od strony północnej i południowej zbiornik otaczają występujące w jądrach antyklin półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne utwory starszego paleozoiku. Znaczna ich część znajduje się w obszarze zasilania. W obszarze zasilania zbiornika znajdują się także zalegające w jądrze synkliny: poziom górnodewoński (famen) i utwory karbonu wraz z pokrywającymi je poziomami górnopermskim i dolnotriasowym. Od strony północno-zachodniej obecny obszar zasilania poziomu środkowo- i górnodewońskiego w synklinie wyznacza granica spływu wód podziemnych do odwadnianego wyrobiska Ostrówka kopalni wapieni w Miedziance, obejmująca obecnie także nieco dalej leżące poziomy środkowotriasowy i górnotriasowy (fig. 30, 31). Zasięg oddziaływania odwodnienia jest coraz większy i rośnie w miarę pogłębiania wyrobiska. Przy tak określonych warunkach obszar zasilania zbiornika obejmuje powierzchnię 255,78 km², w tym: zbiornik środkowo- i górnodewoński 162,24 km², utwory staropaleozoiczne 40,88 km², poziom górnodewoński (famen) 3,93 km², utwory karbonu dolnego 2,53 km², a poziomy górnopermski, dolnotriasowy, środkowotriasowy i górnotriasowy mają łącznie powierzchnię 46,20 km². Na zachodnim odcinku południowej granicy zbiornika nieprzepuszczalne i/lub półprzepuszczalne utwory starszego paleozoiku w jądrze antykliny checińskiej są położone niżej niż wychodnie przyległych dewońskich wapieni i dolomitów, lecz wyżej niż zwierciadło wód podziemnych w poziomie środkowo- i górnodewońskim. Sprawia to, że na tym kontakcie stanowią one dla zbiornika szczelną barierę w krążeniu wód podziemnych.

Naturalnymi strefami drenażu wód podziemnych zbiornika są doliny przepływających przez jego teren rzek i mniejszych cieków. Obecnie funkcję drenażu wód podziemnych pełnią także ujęcia wody i pięć odwadnianych wyrobisk górniczych, które spowodowały powstanie rozległego leja depresji, obejmującego centralną i zachodnią część zbiornika wraz z przyległymi od strony zachodniej młodszymi poziomami wodonośnymi (fig. 30). Obniżenie poziomu zwierciadła wód podziemnych spowodowało w nim infiltrację wód rzecznych oraz stały lub okresowy zanik przepływu mniejszych rzek i cieków powierzchniowych.

Parametry hydrogeologiczne zbiornika i innych poziomów wodonośnych w obszarze jego zasilania są stosunkowo

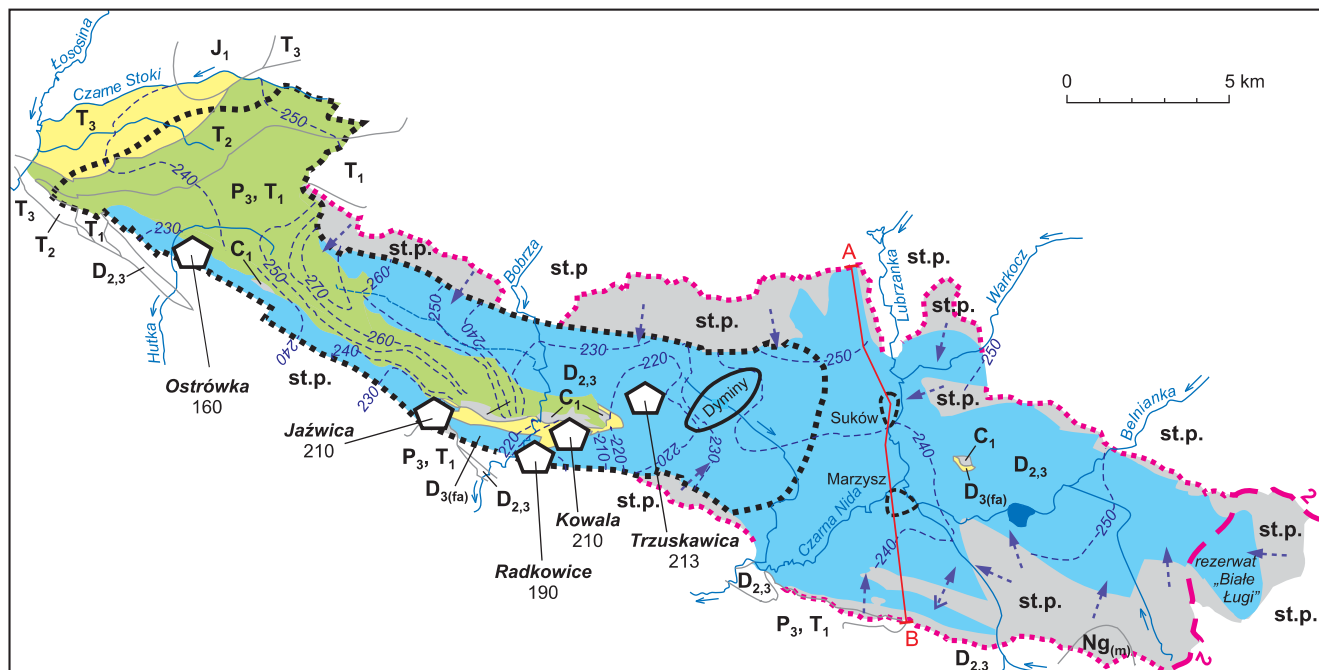


Fig. 30. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Gałęzice–Bolechowice–Borków groundwater reservoir

For explanations see page 23

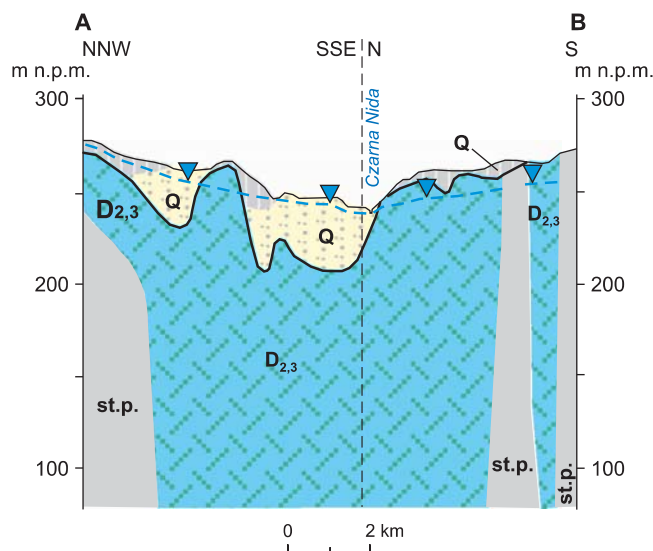


Fig. 31. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Gałęzice–Bolechowice–Borków

Hydrogeological cross-section through the Gałęzice–Bolechowice–Borków groundwater reservoir

dobrze rozpoznane. Miąższość wapieni i dolomitów w jądrze synkliny dochodzi do 1000 m, z tym że głębokość aktywnej wymiany wód podziemnych dochodzi w nich do około 200 m (Herman, 1997a–c; Prażak i in., 2005). Udokumentowana w otworach hydrogeologicznych wodoprzepuszczalność wapieni i dolomitów zmienia się w szerokich granicach od przepuszczalności dobrej do półprzepuszczalnych, zdecydowanie przeważa wodoprzepuszczalność średnia (61%).

Współczynniki filtracji wynoszą od $2 \cdot 10^{-6}$ do $9 \cdot 10^{-4}$ m/s (fig. 32). Przy podanej wyżej miąższości strefy aktywnej wymiany wód podziemnych ich przewodność zmienia się w granicach od 0,1 do 463 m²/h. Podczas próbnych pompowań otworów o głębokościach od 15 do 309 m uzyskano wydajności od 0,1 do 263 m³/h. Odsączalność μ warstw wodonośnych wapieni i dolomitów dewonu środkowego została zbadana tylko w rejonie Marzysza. Obliczono ją na podstawie

wyników próbnych pompowań kilku hydrowęzłów, a uzyskane wyniki są bardzo zróżnicowane i wynoszą od $<0,0000001$ do $0,077$ (Maszońska, 1995; Rzonca, 2001a, b). Niskie wartości μ mogą świadczyć, że wody szczelinowo-krasowe zachowują się lokalnie jak wody naporowe, a wówczas wyniki reprezentują zasobność sprężystą ośrodka skalnego β . Pomimo dużej zmienności parametrów hydrogeologicznych przeważa jednak wodonośność wysoka i bardzo wysoka, a wodonośność średnia i niska są spotykane raczej lokalnie i mają mniejsze rozprzestrzenienie (Herman, 1997a–c; Prażak, 1997a).

Parametry hydrogeologiczne poziomów otaczających zbiornik i nadległego piętra czwartorzędowego w obszarze jego zasilania są zróżnicowane. Szczególnie istotne znaczenie dla zasilania zbiornika ma przepuszczalność osadów czwartorzędowych, która zmienia się od bardzo dobrej i dobrej w odniesieniu do piasków i żwirów w dolinach rzecznych i piasków fluwioglacjalnych do półprzepuszczalnych glin zwałowych, ilastych deluwiów, iłów i mułków zastoiskowych. Ich miąższość wynosi od kilku do trzydziestu kilku metrów. Zróżnicowaną wodoprzepuszczalność i wodonośność mają również piętra triasowe i permskie. Poziom górnotriasowy wykształcony w postaci cienkich i nieregularnych przewarstwień przepuszczalnych piaskowców wśród nieprzepuszczalnych iłów, iłowców i półprzepuszczalnych mułowców ma bardzo niską wodonośność. Poziom środkowotriasowy prowadzący w wapieniach i marglach wody szczelinowo-krasowe oraz dolnotriasowy o wodach szczelinowo-porowych, w nieregularnych warstwach piaskowców wśród iłów i mułowców, charakteryzują się zmienną wodoprzepuszczalnością, a ich wodonośność jest średnia i niska. W przypadku poziomu górnopermskiego, obejmującego zlepieńce i margle, istniejące wyniki badań wykazały ich niską wodonośność. Utwory karbonu dolnego (łupki) i dewonu górnego (famenu) (margle ilaste, ily margliste z wkładkami wapieni) w jądrze synkliny oraz utwory staropaleozoiczne obejmujące piaskowce, mułowce, ily, iłolupki są półprzepuszczalne i nieprzepuszczalne, zawadnione głów-

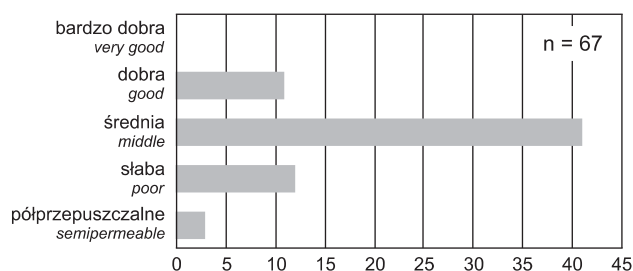


Fig. 32. Wodoprzepuszczalność wapieni i dolomitów środkowo- i górnodewońskich udokumentowana w otworach hydrogeologicznych zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków

Middle and Upper Devonian limestone and dolomite water permeability in the Gałęzice–Bolechowice–Borków groundwater reservoir

nie w swych zwietrzalnych stropowych partiach. Wyniki badań ich współczynników filtracji i odpowiadającej im przepuszczalności zestawiono w tabeli 4 (Herman, 1997a–c; Prażak, 1997a; Prażak i in., 2005).

Granice obszaru zasilania zbiornika są stałe tylko w kierunkach północnym, wschodnim i południowym, gdzie otaczają go półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne utwory starszego paleozoiku. Odmienna sytuacja panuje natomiast w jego zachodniej części, gdzie już obecnie istnieje wymuszony dopływ wód podziemnych z piętra triasowego. Prognozy modelowe wykazują, że obszar wymuszonego dopływu będzie się powiększał w miarę wzrostu odwodnienia wyrobiska kopalni w Miedziance (Szczepański, 1982, 1984; Herman i in., 1991; Prażak i in., 2005). Przyjmuje się, że prognozowany zasięg odwodnienia oprze się tam na rzece Łososinie i jej dopływie Czarne Stoki. Odtworzony na modelu matematycznym naturalny bilans wodny zbiornika wraz z prognozowanym, docelowym obszarem jego zasilania o łącznej powierzchni $255,78 \text{ km}^2$ podano w tabeli 5. Wynika z niego, że zasoby odnawialne obszaru bilansowego zbiornika pochodzące z infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych i infiltracji z rzek wynoszą około $3799 \text{ m}^3/\text{h}$. Moduł

Tabela 4

Charakterystyczne wartości współczynnika filtracji poziomów wodonośnych w rejonie badań

Characteristic values of the permeability coefficient of aquifers in the research area

Poziom wodonośny	Liczba wyników n	Współczynnik filtracji k [m/s]			Wodoprzepuszczalność (średnia poziomu)
		min	max	średni	
Q czwartorzędowy – osady rzeczne	19	0,000003	0,0004	0,0001	dobra
Q czwartorzędowy – osady zastoiskowe i fluwioglacjalne	14	0,000002	0,0004	0,00007	średnia
T ₃ górnotriasowy	1			0,000001	niska
T ₂ środkowotriasowy	1			0,0006	dobra
T ₁ dolnotriasowy	4	0,00002	0,0001	0,00006	średnia
P ₃ górnopermski	3	0,000002	0,000006	0,000004	słaba

Tabela 5

Bilans wodny zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków i obszarów jego zasilania w warunkach naturalnych

Water balance of the Gałęzice–Bolechowice–Borków groundwater reservoir and groundwater recharge in natural conditions

Element bilansu	Zasilanie		Drenaż	
	[m ³ /d]	[m ³ /h]	[m ³ /d]	[m ³ /h]
Infiltracja efektywna (opadów)	84 543	3 523		
Infiltracja wód rzecznych	6 630	276		
Ewapotranspiracja			1 171	49
Odpływ do rzek			90 004	3 750
Razem	91 173	3 799	91 175	3 799

zasilania wynosi 14,85 m³/h · km², w tym moduł zasilania tylko przez infiltrację efektywną opadów atmosferycznych 13,8 m³/h · km² (Prażak i in., 2005).

Naturalne stosunki wodne w zbiorniku i w jego otoczeniu uległy istotnym zmianom, szczególnie w zachodniej i centralnej części obszaru, gdzie odwadnianie są głębokie wyrobiska odkrywkowych kopalń wapieni, dolomitów i margli.

Zbiornik Gałęzice–Bolechowice–Borków jest jedynym źródłem wody dla miejscowych użytkowników, w tym także południowych dzielnic Kielc. W 2010 r. łączny pobór wody ze zbiornika był stosunkowo niewielki i wynosił około 340 m³/h. Należy jednak zaznaczyć, że ze względu na swą dużą zasobność zbiornik już od końca lat 60. XX wieku był traktowany jako perspektywiczne źródło wody dla Kielc (Maszoński, Żak, 1968). Obecnie na potrzeby wodociągu komunalnego Kielc eksploatowane jest tylko ujęcie Dyminy w centralnej części zbiornika, którego zasoby eksploatacyjne wynoszą 459 m³/h (pobór 150 m³/h). Dodatkową ilość wody miasto może uzyskać z niepodłączonych jeszcze ujęć w Sukowie i Marzyszu, we wschodniej części zbiornika, o łącznych zasobach eksploatacyjnych 626 m³/h (fig. 30).

Główną przyczyną zmian regionalnych warunków wodnych w zachodniej i centralnej części zbiornika są odwodnienia górnicze. Wyrobiska w Miedziance (kamieniołom Ostrówka), Jaźwicy, Radkowicach, Kowali i Trzuskawicy są odwadnianie z rzepi usytuowanych na najniższych poziomach eksploatacyjnych. W zależności od głębokości wyrobisk i panujących w ich otoczeniu lokalnych warunków hydrogeologicznych wody podziemne dopływają do nich w ilości od 9 do 1300 m³/h (tab. 6). Wydobywanie kopalni prowadzone jest na coraz niższych poziomach eksploatacyjnych i planowane jest udostępnianie nowych złóż. W ciągu najbliższych lat ilość odprowadzanych do rzek wód kopalnianych będzie nadal wzrastać, aż do momentu wyczerpania się zasobów kopalni. Po zakończeniu eksploatacji złóż kopalni przewidywana jest rekultywacja wodna wyrobisk, które staną się znaczącymi na tym terenie zbiornikami wód powierzchniowych.

W regionalnym leju depresji rzeki i cieki powierzchniowe zmieniły swój charakter z drenujących na infiltrujące, co w przypadku niektórych spowodowało stały lub okresowy zanik przepływu. Infiltracja wód powierzchniowych zwiększa

także zawodnienie położonego w pobliżu rzeki Hutki wyrobiska Ostrówka (kopalnia w Miedziance), a w pobliżu rzeki Bobrzy wyrobiska kopalni Radkowice. Woda o dobrej jakości odprowadzana jest z wyrobisk górniczych do najbliższych rzek, gdyż tylko niewielka jej część jest wykorzystywana do celów technologicznych (płukanie kamienia). Wpływa to na wzrost przepływów wód w rzekach, co ma szczególne znaczenie w okresach niżówek hydrologicznych. Zrzuty wód kopalnianych wpływają także w istotnym stopniu na poprawę stanu chemicznego wód płynących. Zaznacza się szczególnie w przypadku rzeki Bobrzy, do której odprowadzane są ścieki z kieleckiej oczyszczalni w Sitkówce.

Od początku lat 80. XX wieku rozpatrywana jest możliwość wykorzystania dobrej jakości wód kopalnianych na potrzeby aglomeracji kieleckiej (Szczepański, 1984; Prażak, 1990; Herman i in., 1991; Prażak i in., 2005). W dotychczasowych koncepcjach zaopatrzenia Kielc w wodę proponuje się wspomaganie odwodnień systemami studni barierowych (ujęć wody) zlokalizowanych w pobliżu odwadnianych wyrobisk. Pobór wody ze studzien wpłynie na zmniejszenie dopływu do rzepi kopalnianych. Funkcję tę pełni już częściowo ujęcie komunalne dla Kielc w Dyminach. W ostatnich latach zapotrzebowanie na wodę w Kielcach uległo zmniejszeniu i problem wykorzystania wód kopalnianych przesunął się na dalszy plan, niemniej jednak stanowią one nadal perspektywiczne źródło wody dla miasta.

Odwodnienia kopalni wpływają bezpośrednio na wielkość zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych znajdujących się w zasięgu ich oddziaływania. Udokumentowane w nich pierwotnie zasoby eksploatacyjne są na ogół możliwe do pozyskania tylko przy większych depresjach, niż je ustalono na etapie wykonywania ujęcia. W przypadku, jeśli ze względów technicznych nie można zwiększyć depresji eksploatacyjnej, zasoby ujęć ulegają wyraźnemu zmniejszeniu.

Tabela 6

Odwodnienie wyrobisk górniczych na terenie zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków (2010 r.)

Dewatering of open pit mines in the Gałęzice–Bolechowice–Borków groundwater reservoirs (2010)

Kopalnia (wyrobisko)	Rzędna odwadnianego poziomu eksploatacyjnego [m n.p.m]	Odwodnienie [m ³ /h]
Miedzianka (Ostrówka)	160	1 300
Jaźwica	210	108
Radkowice	190	849
Kowala	210	9
Trzuskawica	213	283
Sitkówka*	220	113
Łącznie		2 662

* Odwadniany zbiornik wody czystej z osadnika ZPW Trzuskawica, zlokalizowany w dawnym kamieniołomie

Sytuacja ta winna być brana pod uwagę przy budowie i ustalaniu zasobów eksploatacyjnych nowych ujęć.

Działania podejmowane w celu ochrony jakości wód podziemnych w zbiorniku powinny uwzględniać odbudowę zasobów statycznych zbiornika po wyeksploatowaniu kopalni i zaprzestaniu odwodnień. Wyrobiska pokopalniane zaleje woda. Zwiększą się zasoby dyspozycyjne omawianego zbiornika, a ze względu na swą zasobność i położenie będzie on nadal stanowił niezmiernie ważne, eksploatowane i perspektywiczne źródło wody dla Kielc.

Praktyka wykazała, że dotychczasowa działalność górnicza nie spowodowała istotnych zmian składu chemicznego wód podziemnych i pogorszenia ich jakości. Potencjalne zagrożenie zanieczyszczenia wód istnieje jednak na terenie licznych zakładów przemysłowych w centralnej części obszaru zbiornika.

Obserwacje stanów zwierciadła wód podziemnych w zbiorniku rozpoczęto już na początku lat 70. XX wieku, zanim zaczęły się uwidaczniać pierwsze regionalne zmiany warunków hydrogeologicznych. W latach 1975–1980 prowadził je Instytut Geologiczny, Oddział Świętokrzyski w Kielcach (Maszoński, 1975, 1980; Żak, 1981). W późniejszym okresie prowadzenie obserwacji przejęły odwadniane kopalnie Miedzianka, Jaźwica, Radkowice, Kowala i Trzuskawica oraz Wodociągi Kieleckie, których sieci obserwacyjne są na bieżąco wzbogacane o nowe piezometry. Na terenie zbiornika znajduje się także jeden punkt sieci krajowej monitoringu ilościowego i stanu chemicznego wód podziemnych w Sukowie. W latach 1992–2005 badania monitoringowe stanu chemicznego wód podziemnych był prowadzone dodatkowo także w czterech innych punktach należących do regionalnej sieci wojewódzkiej (Prażak i in., 1996).

Zbiornik Daleszyce

Poziom środkowo- i górnodewoński w synklinie daleszyckiej o rozciągłości WNW–ESE występuje na powierzchni 33,31 km² (fig. 8, 10). Ze wszystkich stron otaczają go półprzepuszczalne lub/i nieprzepuszczalne, zawodnione tylko w zwietrzałych partiach stropowych, utwory starszego paleozoiku, z których zbudowane są ograniczające jego zlewnię powierzchniową i podziemną ciągi okolicznych wzgórz. Obszar zasilania zbiornika wynosi 43,62 km². Powierzchnia utworów staropaleozoicznych w zewnętrznym obszarze zasilania wynosi 10,31 km². Na niewielkim obszarze 0,27 km² w centralnej części synkliny zalegają słabo przepuszczalne wapienie i margle dewonu górnego (famenu) (fig. 33, 34). Wody podziemne są drenowane niemal w całości przez rzeki Warkocz, Belniankę i ich dopływy. Kontakt hydrauliczny z poziomem środkowo- i górnodewońskim w przylegającym od zachodu zbiorniku Gałęzice–Bolechowice–Borków istnieje tylko w wąskiej strefie doliny rzeki Warkocz. Jest on tam bezpośredni w poziomie środkowo- i górnodewońskim oraz nadległym poziomie czwartorzędowym w dolinie rzeki. Kontakt pośredni przez poziom czwartorzędowy istnieje także w dolinie rzeki Belnianki, gdzie starsze podłoże jest zbudowane z nieprzepuszczalnych i półprzepuszczalnych

utworów starszego paleozoiku. Są to jednocześnie strefy odpływu wód powierzchniowych i podziemnych z obszaru zbiornika.

Wodoprzepuszczalność wapieni i dolomitów jest średnia i dobra, lecz wodonośność oceniona na podstawie wydajności studni potencjalnej jest raczej niska. Potwierdzają ją wynoszące od 2,5 do 18,2 m³/h wydajności istniejących studzien wierconych. Należy jednak mieć na uwadze słabe, ograniczające się jedynie do rejonu miejscowości Daleszyce, rozpoznanie parametrów hydrogeologicznych zbiornika. Przyjmując podobny moduł zasilania jak dla sąsiednich zbiorników (13,8 m³/h · km²) jego zasoby odnawialne wynoszą około 600 m³/h. Zasoby dyspozycyjne zbiornika ze względu na jego niską wodonośność szacuje się tylko w ilości 50% zasobów odnawialnych, tj. 300 m³/h.

Wykorzystanie zasobów wód podziemnych zbiornika przez nielicznych, indywidualnych użytkowników jest niewielkie i nie przekracza 50 m³/h. Wynika to stąd, że źródłem wody dla gminnego wodociągu zaopatrującego w wodę największą na tym terenie miejscowość Daleszyce i innych miejscowych użytkowników jest sąsiedni zbiornik środkowo- i górnodewoński Gałęzice–Bolechowice–Borków.

Zbiornik Miedzianka–Chęciny

Zbiornik znajduje się w brzeżnej strefie południowo-zachodniej części trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich i obejmuje poziom środkowodewoński w południowo-zachodnim skrzydle antykliny chęcińskiej (fig. 8, 10). Poziomy triasowe dzielą go na część północno-zachodnią o powierzchni 1,25 km² w rejonie Miedzianki i południowo-wschodnią o powierzchni 4,66 km² w rejonie Chęciny (fig. 35). W całości znajduje się on w zlewni II rzędu rzeki Nidy. Wodonośne wapienie i dolomity tworzą tam wyróżniający się wyraźnie w morfologii terenu ciąg wzgórz, biegnący od góry Miedzianka na północnym zachodzie do Góry Zamkowej w Chęcinach na południowym wschodzie. Charakteryzują się one średnią i słabą wodoprzepuszczalnością oraz wysoką wodonośnością. Wydajności studzien o głębokościach od 40 do 150 m wynoszą od 16,4 do 117 m³/h. Zasilanie warstw wodonośnych odbywa się wyłącznie przez infiltrację efektywną opadów atmosferycznych, której moduł ze względu na dużą powierzchnię ich wychodni jest bardzo wysoki. Ocenia się go na 25 m³/h · km², a obliczone na jego podstawie zasoby odnawialne szacowane są na około 150 m³/h, w tym w części północno-zachodniej 30 m³/h i około 120 m³/h w części południowo-wschodniej. Ze względu na małą powierzchnię zbiornika i bardzo dobre warunki zasilania jego zasoby dyspozycyjne mogą wynosić 100% zasobów odnawialnych, tj. 150 m³/h. Charakterystyczny jest niemal całkowity brak dopływów lateralnych do warstw wodonośnych (fig. 36).

Drenaż rzeczny ma miejsce tylko lokalnie w części północno-zachodniej przez przepływającą tam rzekę Hutkę. Na pozostałym obszarze brak jest sieci rzecznej i wody w całości odpływają do przyległego poziomu dolno- i środkowotriasowego. Brak jest odpływu w kierunku północno-

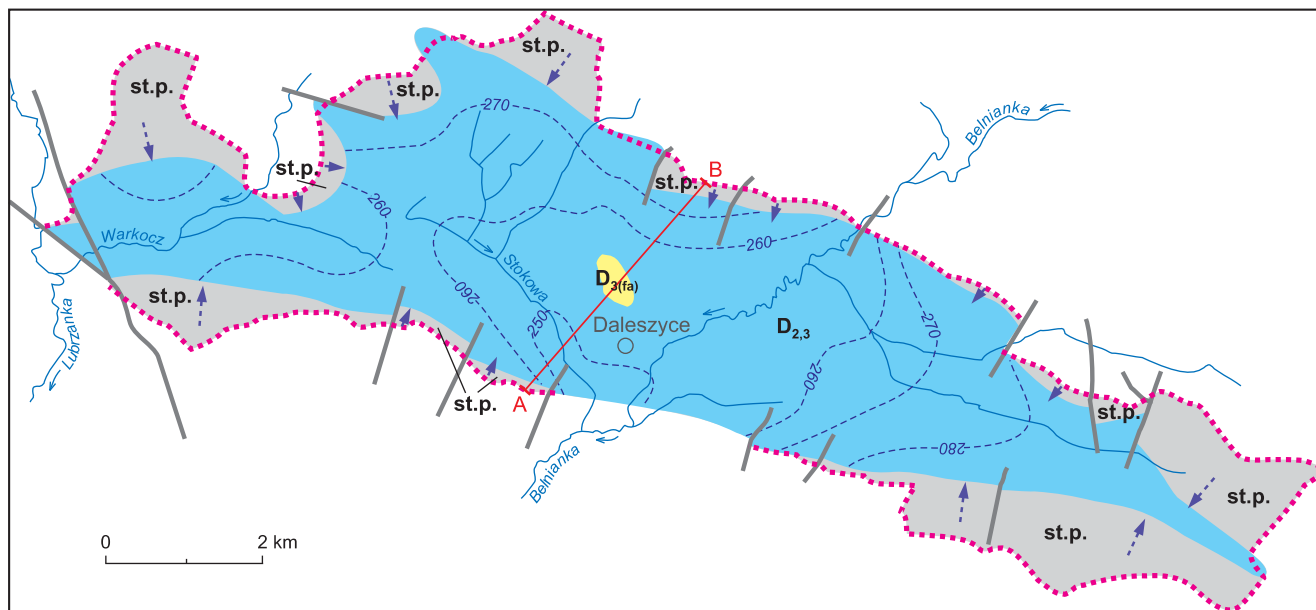


Fig. 33. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Daleszyce

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Daleszyce groundwater reservoir

For explanations see page 23

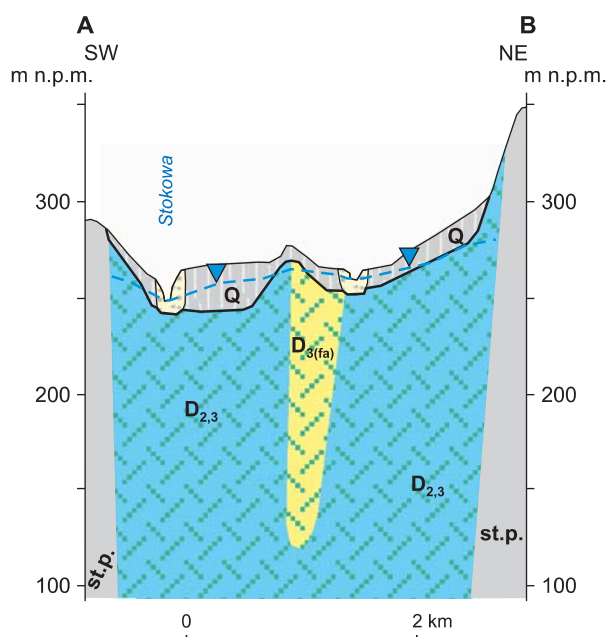


Fig. 34. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Daleszyce

Hydrogeological cross-section through the Daleszyce groundwater reservoir

-wschodnim do półprzepuszczalnych i nieprzepuszczalnych utworów starszego paleozoiku w jądrze antykliny chęcińskiej (fig. 35, 36).

W części północno-zachodniej zbiornika woda była niegdyś ujmowana z szybu o głębokości 40 m, dawnej kopalni

miedzi w Miedziance. Zasoby eksploatacyjne szybu ustalono w ilości 22,8 m³/h. W części południowo-wschodniej zlokalizowane są natomiast studnie ujęć zaopatrujących w wodę wodociąg gminny w Chęcinach. Ilość pobieranej z nich wody nie przekracza 50 m³/h.

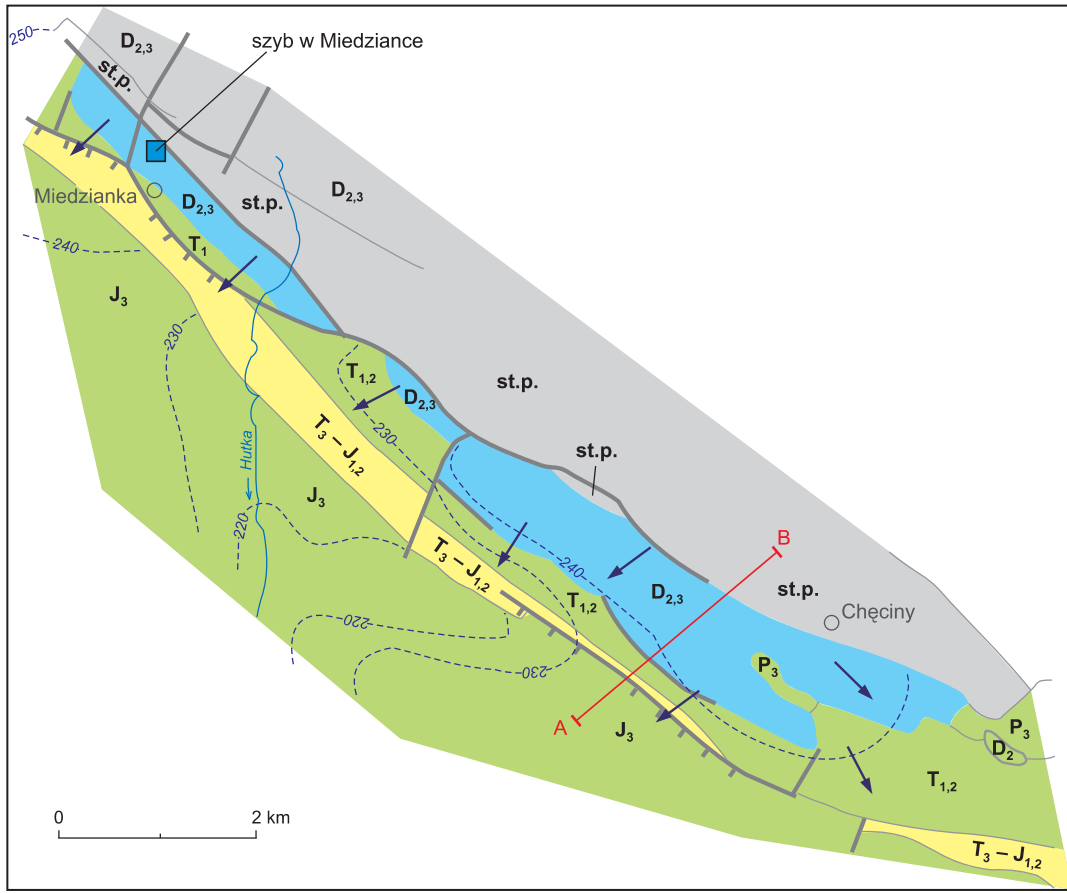


Fig. 35. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Miedzianka-Chęciny

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Miedzianka-Chęciny groundwater reservoir

For explanations see page 23

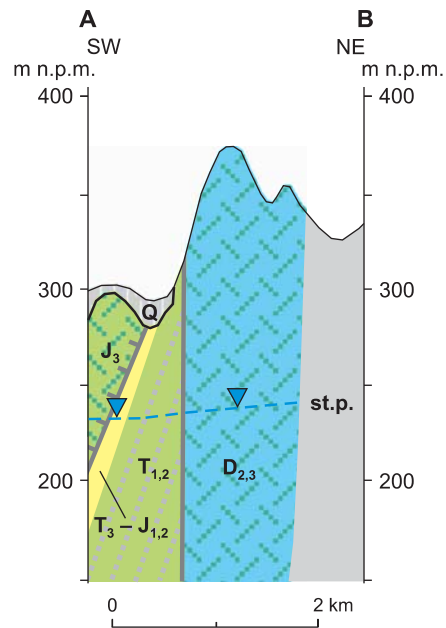


Fig. 36. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Miedzianka-Chęciny

Hydrogeological cross-section through the Miedzianka-Chęciny groundwater reservoir

Zbiornik Radomice

Zbiornik jest położony na południowo-zachodnim skraju trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich, w jądrze antykliny Radomic, w zlewni II rzędu Nidy (fig. 8, 10). Jego zlewnia podziemna obejmuje powierzchnię 34,76 km², w tym: wodonośne wapienie i dolomity poziomu środkowo- i górnodewońskiego 20,94 km², piaski poziomu neogeńskiego 6,97 km², wapienie i piaskowce połączonych poziomów środkowo- i górnotriasowego 5,38 km², wapieni marglistych poziomu górnodewońskiego (famen) 0,09 km² oraz półprzepuszczalne i nieprzepuszczalne utwory starszego paleozoiku 1,38 km² (fig. 37, 38).

Wzdłuż granicy południowo-zachodniej i zachodniego odcinka granicy północnej zbiornik ma kontakt hydrauliczny z poziomem dolno- i środkowotriasowym obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich, na środkowym i wschodnim odcinku granicy północnej z utworami starszego paleozoiku, natomiast wzdłuż granicy północno-wschodniej z poziomem miocenijskim piętra neogeńskiego w zapadliku przedkarpackim. Na północny wschód od miejscowości Skrzelczyce niewielki płat poziomu górnodewońskiego (famenu) pokrywa warstwy wodonośne zbiornika. W części północno-zachodniej i południowo-wschodniej odsłaniają się spod nich, lokalnie w jądrze antykliny, półprzepuszczalne i nieprzepuszczalne utwory dewonu dolnego w postaci niewielkich obszarowo i odizolowanych od siebie podczwartorzędowych wychodni (fig. 37).

Zasilanie zbiornika przez infiltrację efektywną jest zróżnicowane w zależności od litologii nieciągłej pokrywy osadów czwartorzędowych, a na wychodniach wapieni i dolomitów zależy bezpośrednio od drożności szczelin. Podobnie zróżnicowany jest dopływ lateralny wód podziemnych z poziomów otaczających. Ma on miejsce na całej granicy północnej i południowo-wschodniej tam, gdzie wody dopływają z poziomu dolno- i środkowotriasowego, stropowej partii utworów staropaleozoicznych i poziomu miocenijskiego. Nieco inaczej przedstawia się sytuacja na granicy południowo-zachodniej. Zasilanie z poziomów środkowo- i dolnotriasowego odbywa się tylko na jej środkowym i wschodnim odcinku, natomiast na odcinku zachodnim sytuacja jest odwrotna – wody ze zbiornika odpływają do młodszych poziomów otaczających. W zachodniej części obszaru zasilania zbiornika wody podziemne są drenowane przez dopływ rzeki Morawianki, a w części centralnej i wschodniej przez rzekę Pierzchniankę i jej dopływy.

Parametry hydrogeologiczne zbiornika są słabo rozpoznane. Na podstawie nielicznych danych przyjmuje się, że wodoprzepuszczalność wapieni i dolomitów dewonu środkowego i górnego jest na ogół średnia z tym, że zmienia się od słabej do dobrej. Wodonośność jest z reguły wysoka, a wydajności istniejących studzien wierconych o głębokościach od 8 do 81 m wynoszą od 3,5 do 113 m³/h. Wodonośność otaczających poziomów jest niska, a w przypadku utworów paleozoicznych zawodnione są z reguły tylko kilkunastometrowe stropowe partie. Poniżej są one już półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne. Nadległe i nie-

ciągłe piętro czwartorzędowe nie ma znaczenia użytkowego, lecz lokalnie stanowi miejscowe zbiorniki wód podziemnych (Herman, 1997b, c).

Zasoby odnawialne wód podziemnych zbiornika oszacowane przez analogię do sąsiedniego zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków (moduł zasilania przez infiltrację efektywną opadów atmosferycznych – 13,8 m³/h · km²) wynoszą 477 m³/h, a zasoby dyspozycyjne ocenia się na około 70% zasobów odnawialnych, tj. w ilości 330 m³/h. Woda jest eksploatowana z ujęcia dla wsi Szczecno oraz studzien innych użytkowników w Szczecnie i Pierzchnicy, posiadających własne studnie, łącznie w ilości nie przekraczającej 30 m³/h. Rezerwa zasobowa jest duża i wynosi około 300 m³/h.

CHEMIZM I JAKOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH

Skład chemiczny i właściwości fizyczne wód podziemnych w zbiornikach środkowo- i górnodewońskich są stosunkowo dobrze rozpoznane. Skład chemiczny badany jest na etapie dokumentowania ich zasobów eksploatacyjnych, a bieżące badania jakości wody dosyłanej do użytkowników wykonuje Sanepid. W latach 1992–2002 przeprowadzono dodatkowe badania właściwości fizycznych i chemicznych wód podziemnych dla potrzeb sporządzenia arkuszy *Mapy hydrogeologicznej Polski* w skali 1:50 000. Od 1991 r. skład chemiczny wody badany jest jeden raz w roku, także w 3 punktach sieci krajowej monitoringu jakości wód podziemnych. W latach 1992–2005 prowadzono je również w 17 punktach sieci regionalnej województwa świętokrzyskiego, przed reformą administracyjną w 1999 r. województw kieleckiego i tarnobrzskiego (Prażak i in., 1996; Stan środowiska..., 1997–2006).

Na podstawie wyników wyżej wymienionych badań ustalono typy chemiczne wody według klasyfikacji Altowski-Szwieca. W rozpatrywanych zbiornikach dominują naturalne, charakterystyczne dla naszego klimatu, typy wody HCO₃–Ca–Mg i HCO₃–Ca. Towarzyszą im niekiedy, głównie w zbiornikach Kielce i Gałęzice–Bolechowice–Borków, typy chemiczne zmienione wskutek zanieczyszczenia wody: HCO₃–SO₄–Ca, HCO₃–SO₄–Ca–Mg, HCO₃–Cl–Ca–Mg, HCO₃–Cl–SO₄–Ca i HCO₃–SO₄–NO₃–Ca (Prażak i in., 1996; Prażak, 2000, 2002). Wzrost procentowego udziału w wodzie jonów Cl[–]–NO₃[–] jest niewątpliwie spowodowany zanieczyszczeniem antropogenicznym o charakterze lokalnym.

Podwyższona zawartość jonu SO₄^{2–} występuje na dużym obszarze, ma zatem charakter regionalny i jest związana z emisją kominową tlenków siarki w Kielcach oraz znajdujących się w pobliżu zakładów wapienniczych i cementowo-wapienniczych (Mochon, 1983a, 1988a, 1990c, d, 1993; Prażak i in., 1996; Prażak, 2000, 2002, 2007b). Miejscami wyższe stężenie siarczanów mogą mieć charakter geogeniczny i pochodzić z utlenionych w strefie aeracji minerałów siarczkowych ołowiu i miedzi.

Skład chemiczny wody w strefie aeracji badano w jaskini Chelosiowa Jama, znajdującej się na terenie nieczynnego

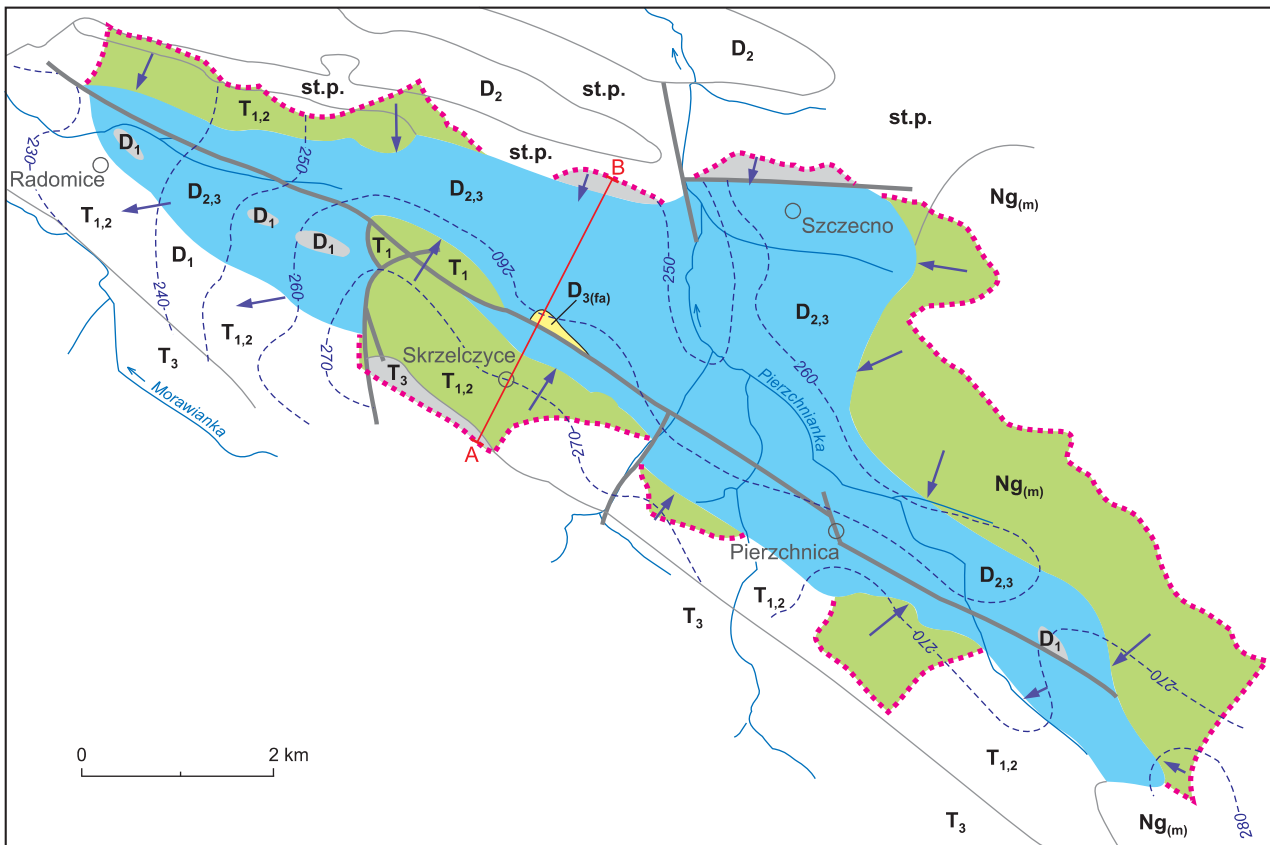


Fig. 37. Szkic hydrogeologiczny zbiornika Radomice

Objaśnienia na stronie 23

Hydrogeological sketch of the Radomice groundwater reservoir

For explanations see page 23

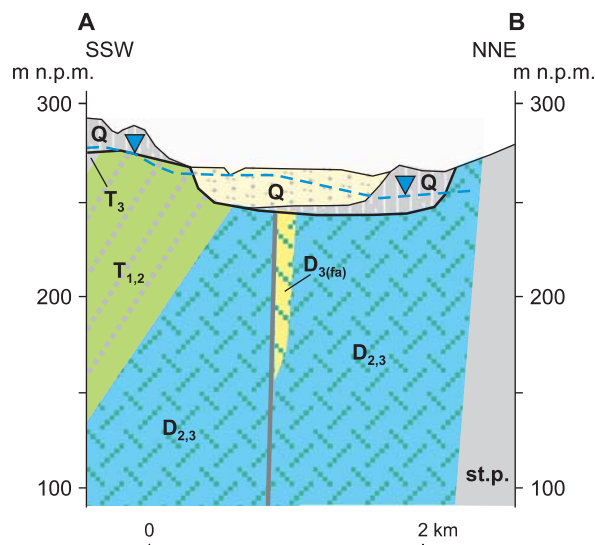


Fig. 38. Przekrój hydrogeologiczny przez zbiornik Radomice

Hydrogeological cross-section through the Radomice groundwater reservoir

Tabela 7

Zakres współczynników zmienności jonów głównych wody w 16 punktach monitoringowych w latach 1991–1999 (Prażak, 2002)

Range of the variability coefficients of major ions in the water from 16 monitoring points during 1991–1999 (Prażak, 2002)

Jon	Współczynnik zmienności [%]*
Ca ²⁺	3–22
Mg ²⁺	3–99
Na ⁺	4–91
K ⁺	10–23
HCO ₃ ⁻	2–25
SO ₄ ²⁻	6–25
Cl ⁻	5–41
NO ₃ ⁻	6–37
Suma jonów	2–12

* Współczynnik zmienności = (odchylenie standardowe / średnia arytmetyczna) · 100%

kamieniołomu w Jaworzni, w zachodniej części zbiornika Kielce (fig. 18) (Motyka, Prażak, 1999). Stwierdzono tam duże zanieczyszczenie wody z wykropleń i w jeziorku, spowodowane przez znajdujący się niegdyś na tym terenie zakład produkujący płyny do chłodzi i elektrolit do akumulatorów oraz nielegalne wysypisko śmieci. Woda była typu SO₄–HCO₃–Ca i HCO₃–SO₄–Ca–Mg, a stężenia siarczanów przekraczały 600 mg/l.

Mineralizacja wód podziemnych w zbiornikach środkowo- i górnodewońskich nie przekracza 1000 mg/l z tym, że najczęściej mieści się w granicach 250–550 mg/l. Ich skład chemiczny nie jest stały i ulega okresowym zmianom. Zakres zmian w 16 punktach monitoringu można ocenić na podstawie obliczonych dla nich współczynników zmienności stężeń jonów głównych wody i ich sum w latach 1991–1999 (tab. 7).

Jakość wód podziemnych w zbiornikach środkowo- i górnodewońskich jest bardzo dobra i dobra, tzn., że mogą one być używane do spożycia przez ludzi bez uzdatniania lub po nieskomplikowanym uzdatnieniu ze względu na podwyższoną zawartość żelaza lub/i manganu, co odpowiada ich dobremu stanowi chemicznemu. Słaby stan chemiczny tych wód jest spotykany tylko lokalnie i ma niewielkie rozprzestrzenienie w pobliżu rozpoznanego ogniska zanieczyszczenia. Przykładem dobrej jakości jest woda ujmowana nieprzerwanie od 1929 r. z ujęcia komunalnego Kielce-Białogon w południowej części zbiornika Kielce, która jest dosyłana do odbiorców w mieście bez uzdatniania. Jej skład chemiczny i podstawowe właściwości fizyczne podano w tabeli 8. Pomimo że obszar zasilania ujęcia obejmuje teren

Tabela 8

Skład chemiczny i podstawowe właściwości fizyczne wody z ujęcia Kielce-Białogon (2010 r.)

The chemical composition and basic physical properties of water from the Kielce-Białogon intake (as of 2010)

Składnik właściwość	Jednostka	Dopuszczalna zawartość w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi wg Rozp. Min. Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r.	Zawartość w wodzie ujęcia Kielce-Białogon (zbiornik Kielce)
Barwa	mg/l	15	0,6
Smak		akceptowalny	akceptowalny
Zapach		akceptowalny	akceptowalny
Przewodność	μS/cm	2500	522
Substancje rozpuszczone	mg/l		341
Odczyn	mg/l	6,5–9,5	7,8
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ /l		258
Utlenialność	mg/l	5	0,5
Wapń	mg/l		89
Magnez	mg/l		9
Żelazo	mg/l	0,200	0,012
Mangan	mg/l	0,050	0,020
Chlorki	mg/l	250	29
Siarczany	mg/l	250	39
Amonowy jon	mg/l	0,50	0,04
Azotyny	mg/l	0,50	0,00
Azotany	mg/l	50	21
Chrom	mg/l	0,050	0,001
Cynk	mg/l		0,172
Kadm	mg/l	0,005	0,001
Miedź	mg/l	2,0	0,003
Nikiel	mg/l	0,02	0,002
Ołów	mg/l	0,025	0,005
Bakterie grupy Coli w 100 ml	liczba mikroorganizmów	0	0

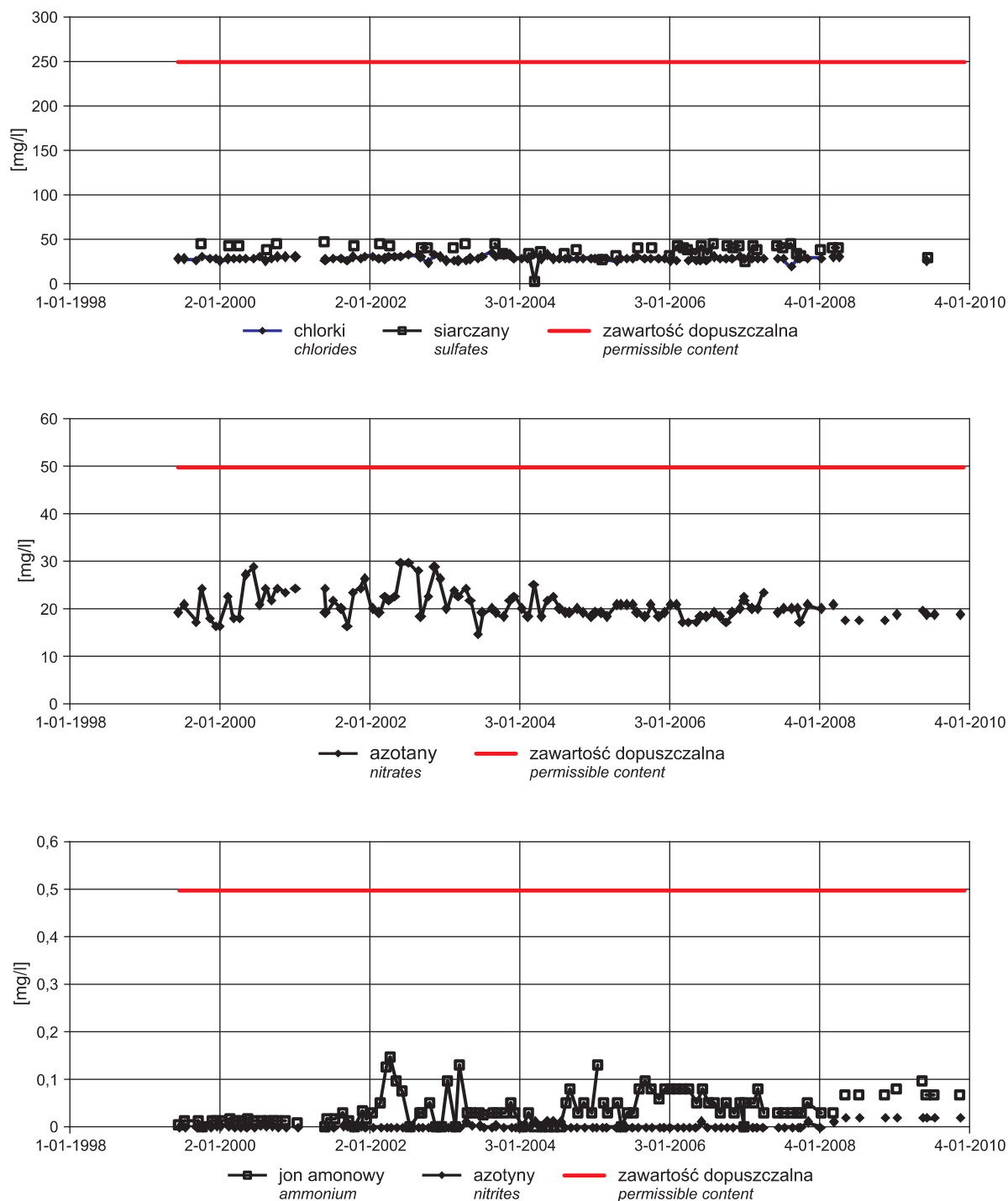


Fig. 39. Zawartość chlorków, siarczanów, azotanów, azotynów i jonu amonowego w wodzie z ujęcia komunalnego Kielce-Białogon w latach 1999–2009 (zbiornik Kielce)

Contents of chlorides, sulfates, nitrates, nitrites and ammonium ion in the water from the communal Kielce-Białogon groundwater intake in the years 1999–2009 (Kielce groundwater reservoir)

miasta, z licznymi udokumentowanymi i potencjalnymi ogniskami zanieczyszczeń, skład chemiczny wody jest w miarę stabilny. Zawartość siarczanów, chlorków, azotynów, azotanów i jonu amonowego nie ulega w niej istotnym zmianom (fig. 39). Podobnie dobra i stabilna jest jakość wody ujmowanej

studniami ujęcia komunalnego dla Kielc w Dyminach ze zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków. Obserwuje się tam nawet poprawę jakości, wyrażającą się zmniejszeniem zawartości chlorków (fig. 40).

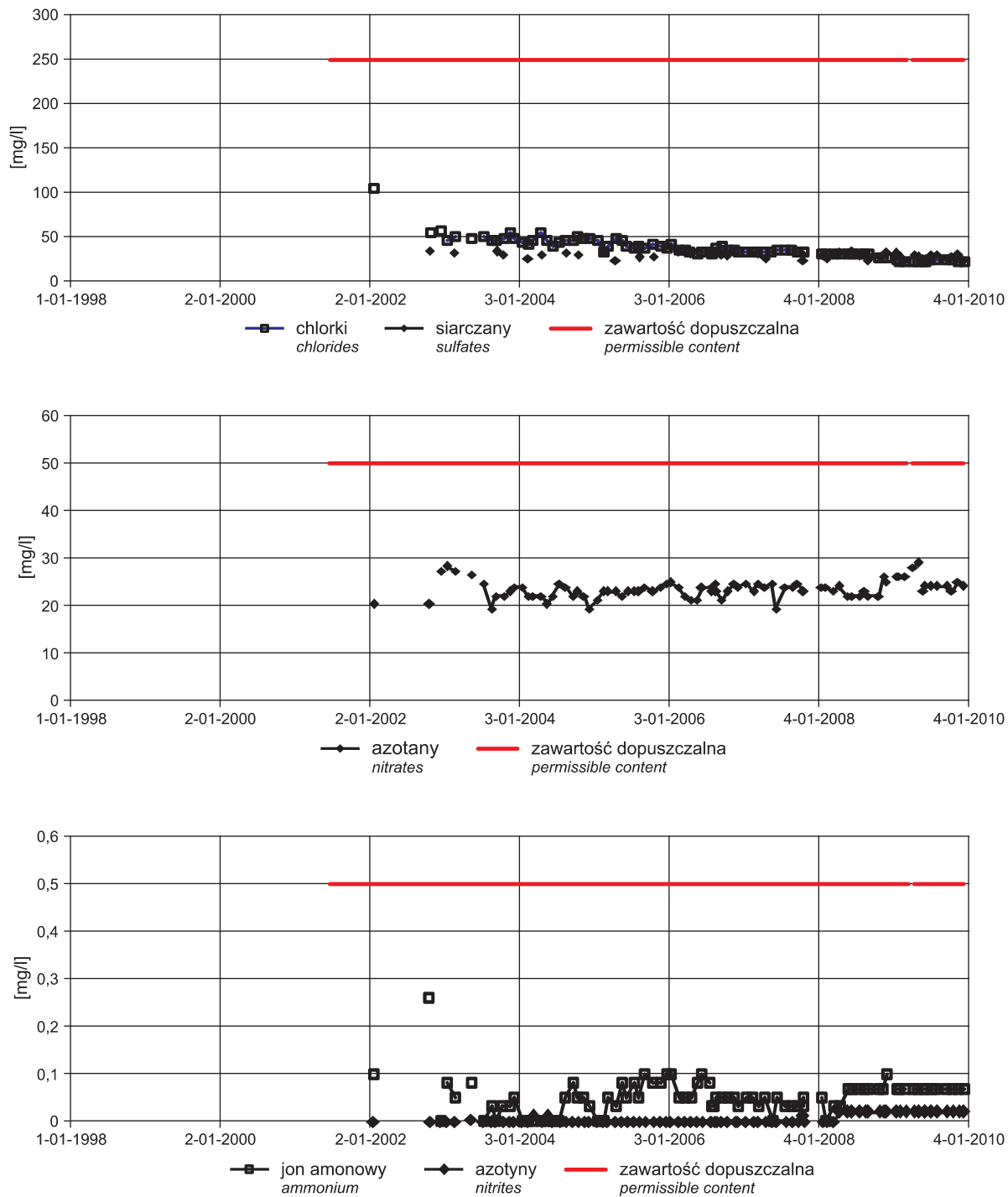


Fig. 40. Zawartość chlorków, siarczanów, azotanów, azotynów i jonu amonowego w wodzie z ujęcia komunalnego Kielce w Dyminach (zbiornik Gałęzice-Bolechowice-Borków)

Contents of chlorides, sulfates, nitrates, nitrites and ammonium ion in the water from the communal Kielce-Dyminy groundwater intake (Gałęzice-Bolechowice-Borków groundwater reservoir)

GOSPODAROWANIE WODAMI PODZIEMNYMI

POŁOŻENIE ZBIORNIKÓW ŚRODKOWO- I GÓRNODEWOŃSKICH W REJONACH WODNOSPONDARCZYCH KRAJU

W 2007 r. na zamówienie Ministerstwa Środowiska wykonano pracę badawczo-rozwojową „Wydzielenie rejonów wodnogospodarczych dla potrzeb zintegrowanego zarządzania zasobami wód podziemnych i powierzchniowych kraju” (Herbich i in., 2007). Rejon wodnogospodarczy został w niej zdefiniowany jako „obszar występowania układu krążenia wód podziemnych w rozpoznanej strukturze hydrogeologicznej, ze zidentyfikowanymi strefami zasilania i drenażu (rzeki, ujęcia komunalne, przemysłowe i odwodnienia górnicze), o zasięgu i granicach (wododziały podziemne, strefy pełnego kontaktu z wodami powierzchniowymi i bariery nieprzepuszczalne (izolujące), wyznaczonych optymalnie dla przeprowadzenia bilansu wodnogospodarczego z dokonaniem analizy możliwości zaopatrzenia w wodę na cele pit-

ne i gospodarcze oraz z oceną wpływu zagospodarowania wód podziemnych na stan wód powierzchniowych i ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych”.

Dokonany podział nie uwzględnia jednak w pełni specyfiki warunków hydrogeologicznych panujących na obszarze trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich. Obszary bilansowe zbiorników: Bodzentyn, Włochy, Wola Kopcowa, Górno, Łągów, Włostów, Daleszyce, Miedzianka–Chęciny i Radomice mieszczą się w całości lub niemal w całości w wydzielonych rejonach wodnogospodarczych. Odmienna jest natomiast sytuacja w przypadku obszarów bilansowych zbiorników Miedziana Góra i Kielce, które znalazły się w dwóch rejonach wodnogospodarczych oraz zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków podzielonego na części, które położone są aż w czterech różnych rejonach (fig. 41, tab. 9). Stało się tak dlatego, że granice rejonów wodnogospodarczych poprowadzono po granicach powierzchniowych zlewni cząstkowych, bez uwzględnienia granic struktur hydrogeologicznych. Po szczegółowej analizie warunków hydrogeologicznych autor proponuje takie zmiany granic rejonów, które są zgodne z przyjętą ich definicją, lecz nie dzielą zbiorników (fig. 42, tab. 9). Wyjątek stanowi tylko zbiornik Gałęzice–Bolechowice–Borków, którego podstawowa część będzie należała do rejonu K5-C, natomiast wschodni skraj do rejonu K5-J obszaru bilansowego K5. Granica pomiędzy rejonami będzie tam przez chroniony przed zmianami warunków wodnych rezerwat bagienny Białe Ługi. Pozostawienie jej nie będzie miało praktycznego wpływu na gospodarkę wodną i bilansowanie zasobów wód podziemnych w zasadniczej części omawianego zbiornika.

Tabela 9

Położenie zbiorników środkowo- i górnodewońskich w rejonach wodnogospodarczych Środkowej i Górnej Wisły

Position of the Middle and Upper Devonian groundwater reservoirs
in the water management units of the Upper and Middle
Vistula regions

Zbiornik	Rejon wodnogospodarczy	Obszar bilansowy	Region wodny	Obszar działania
Bodzentyn	Z-02B	Z-02	Środkowej Wisły	RZGW w Warszawie
Włochy	Z-02C			
Miedziana Góra	K5-H, K5-G (K5G)*	K5	Górnej Wisły	RZGW w Krakowie
Wola Kopcowa	K5-H			
Górno	K5-H			
Łągów	K5-J			
Kielce	K5-G, K5-H (K5-G)*			
Gałęzice–Bolechowice–Borków	K5-C, K5-G, K5-H, K5-J (K5-C, K5-J)*			
Daleszyce	K5-H			
Miedzianka–Chęciny	K5-C			
Radomice	K5-C			
Włostów	K7-H			

* rejon wodnogospodarczy po proponowanej korekcie

ZNACZENIE GOSPODARCZE ZBIORNIKÓW ŚRODKOWO- I GÓRNODEWOŃSKICH

Zbiorniki środkowo- i górnodewońskie zajmują szczególną pozycję w zlewniowych systemach krążenia wód podziemnych Gór Świętokrzyskich ze względu na wyróżniające je z otaczających ośrodków skalnych bardzo korzystne parametry hydrogeologiczne. O ich zasobach decydują w istotnym stopniu, obok infiltracji efektywnej w granicach samych zbiorników, dopływy boczne z zewnętrznych obszarów zasilania. Dla każdego zbiornika autor wydzielił obszar zasilania kwalifikujący się do ustalenia zasobów dyspozycyjnych, gwarantujących zachowanie przepływów nienaruszalnych rzek i zachowania ekosystemów zależnych od wód podziemnych. Obszary te nawiązują do dotychczasowych wydzielen przyjmowanych dla ustalenia lub oszacowania zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych zbiorników: Bodzentyn, Kielce, Włostów i Gałęzice–Bolechowice–Borków (Mochóń, 1988d, 1991; Prażak, 1994a; Szczerbicka i in., 2001; Prażak i in., 2005).

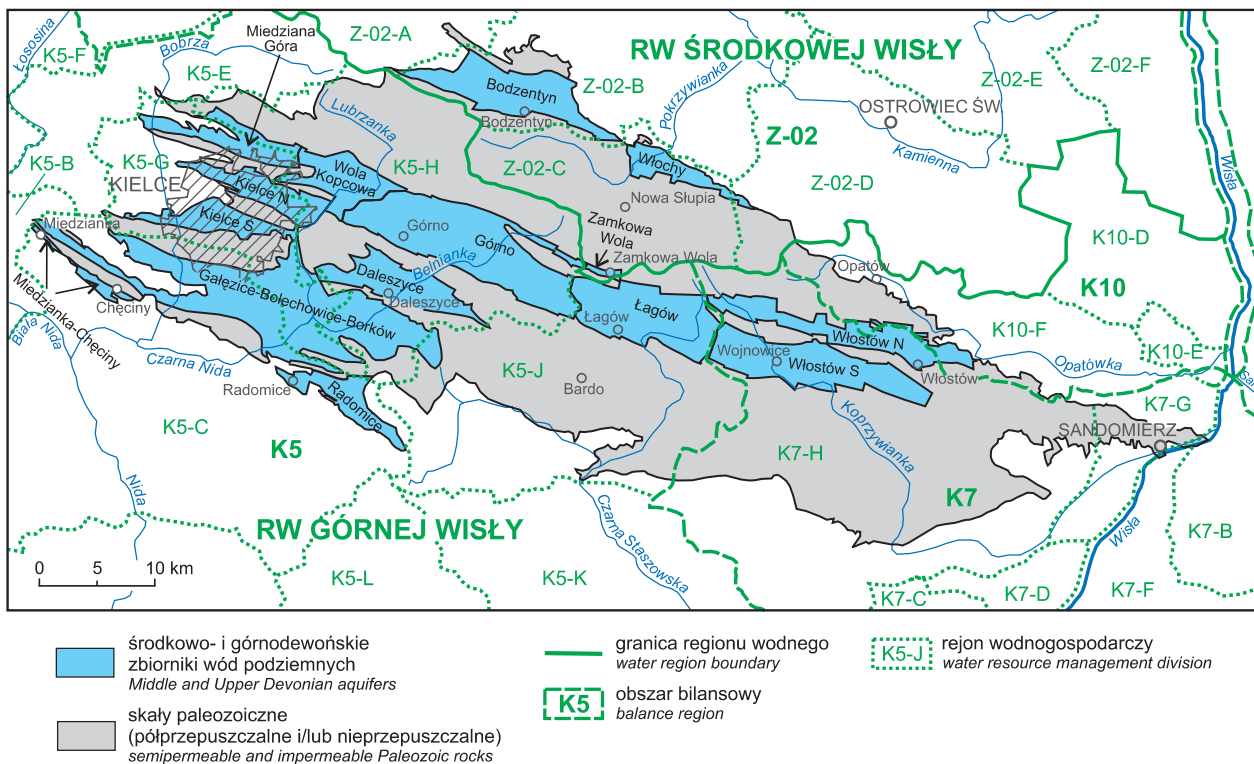


Fig. 41. Położenie środkowo- i górnodewońskich zbiorników wód podziemnych w rejonach wodnogospodarczych Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej (RZGW)

Middle and Upper Devonian groundwater reservoirs in the water management regions

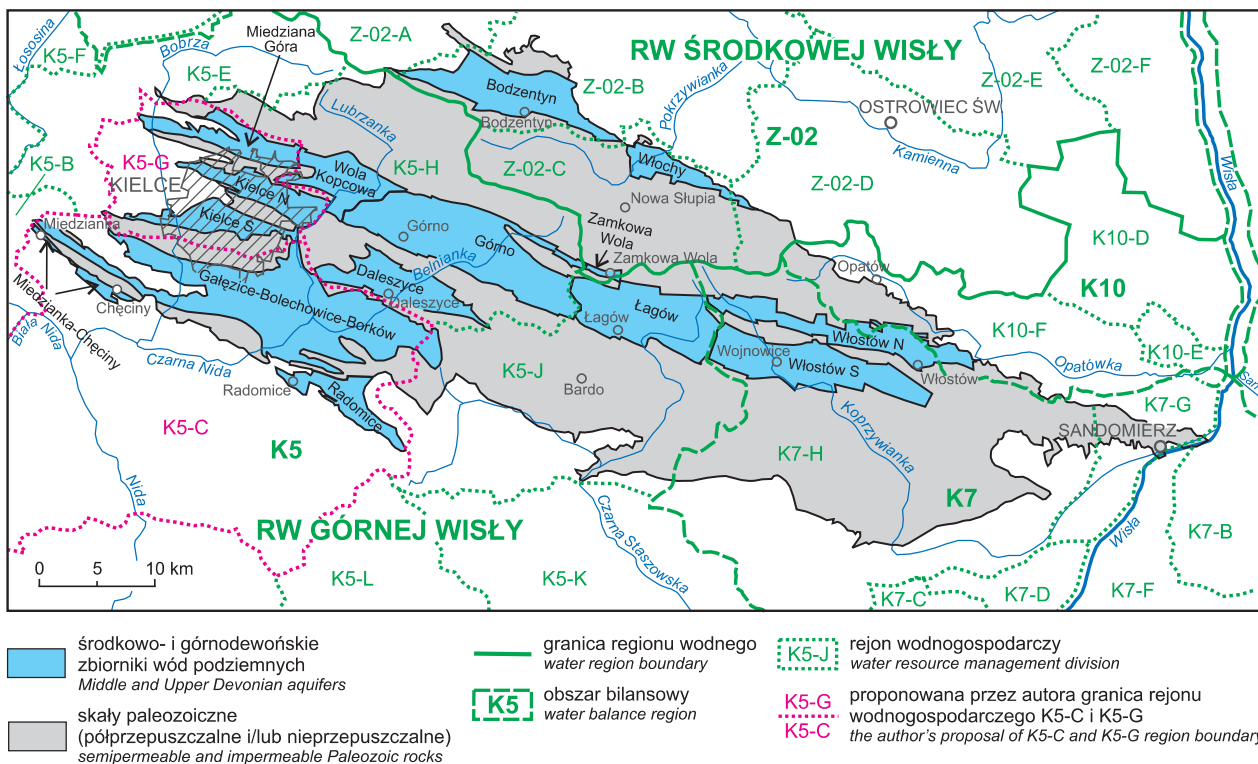


Fig. 42. Położenie środkowo- i górnodewońskich zbiorników wód podziemnych w rejonach wodnogospodarczych Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej według proponowanej przez autora zmiany granic

Middle and Upper Devonian groundwater reservoir location in the water management regions – after revision proposed by the author

Udział powierzchni podczwartorzędowych wychodni zbiorników środkowo- i górnodewońskich w granicach trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich wynosi około 25%. W poszczególnych obszarach bilansowych kształtuje się różnie i wynosi od 26% w przypadku zbiornika Kielce do 100% w odniesieniu do zbiornika Miedzianka–Chęciny (tab. 10). Największy jest zbiornik Gałęzice–Bolechowice–Borków o powierzchni 132,57 km² (obszar bilansowy 255,88 km²), a najmniejszy, nie posiadający zewnętrznych obszarów zasilania, zbiornik Miedzianka–Chęciny o powierzchni 5,91 km². Łączna powierzchnia wszystkich zbiorników wynosi 501,02 km², a ich obszary bilansowe rozciągają się na powierzchni 1021,97 km², obejmując paleozoik świętokrzyski i część przyległych terenów obrzeżenia permsko-mezozoicznego.

Zasoby odnawialne wód podziemnych poszczególnych zbiorników, rozumiane jako zasoby odnawialne ich obszarów bilansowych, wynoszą od 150 do 3799 m³/h, a zasoby dyspozycyjne od 150 do 2659 m³/h (tab. 11). Najmniejsze zasoby dyspozycyjne ma niewielki zbiornik Miedzianka–Chęciny, a największe zbiornik Gałęzice–Bolechowice–Borków. Aktualnie największa ilość wody jest pobierana ze zbiornika Kielce (1300 m³/h), natomiast ze zbiorników Włochy i Wola Kopcowa pobór wynosi zaledwie po 30 m³/h. Znaczący wpływ na zmniejszenie rezerwy zasobowej części zbiorników mają opisane powyżej odwodnienia wyrobisk górniczych. Obecnie największe ilości wody są odprowadzane z wyrobisk zlokalizowanych w zbiorniku Gałęzice–Bolechowice–Borków. Pobór wody z ujęć i odwodnień górniczych przekracza tam już zasoby dyspozycyjne oszacowane na 70% zasobów odnawialnych. Niemniej przy ustalaniu rezerwy zasobowej autor wziął pod uwagę możliwość pozyskania dodatkowych ilości wody z ujęć położonych poza oddziaływaniem odwodnień we wschodniej części zbiornika oraz możliwość częściowego wykorzystania wód kopalnianych.

Łączne zasoby odnawialne wszystkich obszarów bilansowych zbiorników środkowo- i górnodewońskich wynoszą 12 131 m³/h (średni moduł 11,86 m³/h · km²), a dyspozycyjne 8467 m³/h (średni moduł 8,28 m³/h · km²). W 2010 r. oszacowany dla nich pobór wody z ujęć wynosił około 2437 m³/h, z wyrobisk górniczych odprowadzano wodę w ilości 3182 m³/h, a pozostałe do wykorzystania rezerwy zasobowe wynoszą 3065 m³/h. Są one jednak rozmieszczone bardzo nierównomiernie: od braku rezerw w przypadku zbiornika Miedziana Góra do 930 m³/h w zbiorniku Górno. Przy założeniu możliwości wykorzystania wód kopalnianych można przyjąć także wysoką rezerwę w zbiorniku Gałęzice–Bolechowice–Borków w ilości 900 m³/h.

Duże znaczenie gospodarcze środkowo- i górnodewońskich zbiorników wód podziemnych w gospodarce wodnej regionu świętokrzyskiego podkreśla fakt, że stanowią one niemal jedyne źródło wody o dobrej jakości dla zaopatrzenia miejscowej ludności, rolnictwa i przemysłu w wodę na całym obszarze trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich. Występujące obok nich zbiorniki czwartorzędowe mają bowiem stosunkowo niewielkie zasoby, przy często gorszej

Tabela 10

Powierzchnie obszarów bilansowych zbiorników środkowo- i górnodewońskich w Górach Świętokrzyskich wg propozycji autora

Balance areas of Middle and Upper Devonian reservoirs of the Holy Cross Mountains according to the author's revision

Zbiornik środkowo- i górnodewoński	Powierzchnia				
	zlewnia (obszar bilansowy) zbiornika	zbiornik		zewnętrzny obszar zasilania	
		km ²	%	km ²	%
Bodzentyn	81,80	53	43,72	47	38,08
Włochy	32,13	54	17,47	46	14,66
Miedziana Góra	24,81	63	15,7	37	9,11
Kielce	150,60	26	39,50	74	111,10
Wola Kopcowa	29,86	34	10,16	66	19,70
Górno	146,15	37	54,28	63	91,87
Łagów	85,45	49	41,76	51	43,69
Włostów	136,00	65	88,70	35	47,30
Gałęzice–Bolechowice–Borków	255,88	52	132,57	48	123,31
Daleszyce	43,62	76	33,31	24	10,31
Miedzianka–Chęciny	5,91	100	5,91	0	0,00
Radomice	34,76	60	20,94	40	13,82
Razem*	1021,97	49	501,02	51	520,95

* Obszar bilansowy zbiornika Kielce obejmuje zachodni fragment zbiornika Miedziana Góra. W pozycji Razem dokonano odpowiedniej korekty powierzchni: obszar bilansowy – 5 km², zbiornik – 3 km², zewnętrzny obszar zasilania – 2 km²

jakości wody. Zbiorniki Miedziana Góra, Kielce i Gałęzice–Bolechowice–Borków są podstawowym źródłem wody dla liczących około 130 000 mieszkańców Kielc (Prażak i in., 2007). Pochodzi z nich obecnie niemal 80% wody w wodociągach komunalnych Kielc (1200 m³/h). O ile praktycznie brak już jest rezerw wody w zbiornikach Miedziana Góra i Kielce, to pozostają jeszcze znaczne w zbiorniku Gałęzice–Bolechowice–Borków. W jego wschodniej części znajdują się nie podłączone jeszcze do eksploatacji ujęcia komunalne dla Kielc w Sukowie i Marzyszu, o zasobach eksploatacyjnych 621 m³/h (dla miasta około 600 m³/h), dodatkowo istnieje możliwość wykorzystania wód kopalnianych w ilości około 300 m³/h. Szacunki wielkości rezerwy zasobowej w zbiorniku zmieniają się w czasie, lecz nie ma wątpliwości, że oprócz perspektywy stanowi to także strategiczną rezerwę wody dla miasta w sytuacjach nadzwyczajnych, np. w przypadku skażenia obecnych ujęć wody (Prażak 1990; Prażak i in., 2005; Prażak, Janecka-Styrcz, 2007). Niezależnie od zaopatrzenia w wodę miejscowych użytkowników, zbiorniki są także jej źródłem dla innych użytkowników z terenów przyległych do trzonu paleozoicznego. Ma to

Tabela 11

Zasoby wód podziemnych środkowo- i górnodewońskich zbiorników wód podziemnych w Górach Świętokrzyskich
Groundwater resources of the Middle and Upper Devonian aquifers of the Holy Cross Mountains

Zbiornik	Powierzchnia obszaru bilansowego zbiornika	Zasoby odnawialne	Zasoby dyspozycyjne		Odwodnienia górnicze	Pobór wody	Rezerwa
	km ²	m ³ /h	% zasobów odnawialnych	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
Bodzentyn	81,8	695	70	490	–	150	340
Włochy	32,9	280	70	200	–	30	170
Miedziana Góra	24,8	290	70	200	160	40	0
Kielce*	150,6*	2183*	70	1530*	160*	1300	70
Wola Kopcowa	29,9	350	70	245	–	30	215
Górno	146,2	1460	70	1020	20	70	930
Łagów	85,5	850	70	600	–	50	550
Włostów	136,0	997	78	778	340	300	140
Gałęzice–Bolechowice–Borków	255,8	3799	70	2659	2662	337	900**
Daleszyce	43,6	600	50	300	–	50	250
Miedzianka–Chęciny	5,9	150	100	150	–	50	100
Radomice	34,6	477	70	330	–	30	300
Razem	1022,6	12131	50–100	8467	3182	2437	3065

* Obszar bilansowy zbiornika Kielce obejmuje zachodni fragment zbiornika Miedziana Góra. W pozycji Razem dokonano odpowiedniej korekty: powierzchnia – 5 km², zasoby odnawialne – 50 m³/h, zasoby dyspozycyjne – 35 m³/h, odwodnienia górnicze – 160 m³/h

** Rezerwa, w położonej poza oddziaływaniem odwodnień wyrobisk górniczych wschodniej części zbiornika, została powiększona o możliwą do wykorzystania ilość wód kopalnianych w jego centralnej i zachodniej części

miejsce, np. w przypadku Opatowa, zaopatrującego się w wodę ze zbiornika Włostów.

Duże rozczłonkowanie poziomu środkowo- i górnodewońskiego w fałdowych strukturach geologicznych sprawia, że znaczna rezerwa zasobowa, wynosząca według szacun-

ków autora około 3000 m³/h, jest rozłożona bardzo nierównomiernie, nawet wewnątrz poszczególnych zbiorników, co uniemożliwia często budowę dużych ujęć i w wielu przypadkach będzie mogła być wykorzystana tylko z małych ujęć, rozproszonych na terenie zbiornika.

ZAGROŻENIA STANU CHEMICZNEGO WÓD PODZIEMNYCH

Naturalna odporność zbiorników środkowo- i górnodewońskich na zanieczyszczenie jest najczęściej mała lub są one jej praktycznie pozbawione. Liczne wychodnie wodonośnych wapieni i dolomitów spod nieciągłego i zmiennego litologicznie nadkładu osadów czwartorzędowych sprawiają, że ich izolacja jest mała lub średnia, a lokalnie jej brak. Wśród osadów czwartorzędowych warstwami izolującymi są mułki i łył zastoiskowe, gliny zwałowe i ilaste deluwia, których miąższość najczęściej nie przekracza kilkunastu metrów. Znaczną rolę w izolacji warstw wodonośnych stanowią także osady pylaste, wypełniające szczeliny i leje krasowe (Gzyl i in., 2001a, b). Izolacja warstw wodonośnych została opisana i znalazła swoje odzwierciedlenie w symbolach jednostek hydrogeologicznych Mapy hydrogeologicznej Polski

1:50 000. Niemal ciągłą izolację mają tylko zbiorniki Włochy i Włostów, we wschodniej części Gór Świętokrzyskich. Pokryte są lessami o miąższości kilkunastu metrów, podścielonymi lokalnie glinami zwałowymi (Cichecka, 2000; Wróblewska, Herman, 2000a, b, 2002a, b; Szczerbicka i in., 2001).

Zagrożenie zbiorników dewońskich zależy nie tylko od stopnia ich izolacji, lecz także od obecności obiektów uciążliwych dla wód podziemnych, stanowiących stwierdzone lub potencjalne ogniska zanieczyszczeń oraz od zmian warunków hydrodynamicznych, spowodowanych eksploatacją ujęć lub przez odwodnienia górnicze.

Naturalną odporność na zanieczyszczenie z powierzchni terenu i zagrożenie jakości wód podziemnych w odniesieniu do poszczególnych zbiorników opisano w dalszej

części rozdziału. Ze względu na małą skalę figur nie pokazano jej natomiast przestrzennie na szkicach hydrogeologicznych. Opis tekstowy jest jednak wystarczający dla poznania ich odporności na zanieczyszczenie i stanu zagrożenia jakości wody.

Zbiornik Bodzentyn. Brak w jego obszarze izolujących utworów czwartorzędowych o większym rozprzestrzenieniu sprawia, że jest wrażliwy na zanieczyszczenie. W części zachodniej i centralnej jego zagrożenie zanieczyszczeniem z powierzchni terenu jest duże. W części wschodniej funkcję ochronną warstw wodonośnych pełni kilkunastometrowa pokrywa lessów i tam przyjmuje się średni stopień zagrożenia (Wróblewska, Herman, 1997, 2002a). Główne zagrożenie jakości wód podziemnych pochodzi ze strony rolnictwa, które w wielu miejscach spowodowało już zanieczyszczenie płytkich wód gruntowych związkami azotu (Mochoń, 1988a, 1990c, d, 1992a, c, e).

Zbiornik Włochy. Funkcję ochronną zbiornika pełni leżąca na nim pokrywa lessów o miąższości dochodzącej do kilkunastu metrów. Brak znaczących ognisk zanieczyszczeń sprawia, że stopień jego zagrożenia jest średni (Wróblewska, Herman, 2002a).

Zbiornik Miedziana Góra. Ogniska zanieczyszczeń, głównie o charakterze potencjalnym (zakłady przemysłowe) są stosunkowo nieliczne. Największym jest elektrociepłownia Kielce i jej wodny osadnik pyłów dymnicowych. Naturalne warunki ochrony zbiornika na zanieczyszczenie są stosunkowo słabe. Wschodnie wapieni i dolomitów oraz półprzepuszczalne gliny i gliniaste deluwia o bardzo zmiennej miąższości w nadkładzie osadów czwartorzędowych sprawiają, że jest on bardzo podatny na zanieczyszczenie. Zagrożenie jakości wód jest duże, a na terenie zakładów przemysłowych nawet bardzo duże, ze względu na większą ilość potencjalnych ognisk zanieczyszczeń. Działania ochronne to przede wszystkim zabezpieczenie przed infiltracją wody z osadnika pyłów w elektrociepłowni oraz prowadzenie monitoringów lokalnych jakości wód podziemnych w rejonach potencjalnych ognisk zanieczyszczeń.

Zbiornik Kielce. Naturalne warunki ochrony zbiornika i użytkowych poziomów wodonośnych w obszarach jego zasilania są najczęściej słabe. Nadkład osadów czwartorzędowych o miąższości od kilku do kilkunastu metrów (lokalnie do 50 m) jest nieciągły. Duża zmienność i często mała miąższość występujących w nim półprzepuszczalnych glin żwółtych, ilów i mułków zastoiskowych, a także pylastej zwietrzliny krasowej wypełniającej szczeliny tektoniczne i pustki krasowe w stropowych partiach wapieni, sprzyjają szybkiej migracji zanieczyszczeń do warstw wodonośnych. Zbiornik niemal w całości znajduje się w granicach administracyjnych Kielce, gdzie udokumentowano dużą ilość zanieczyszczeń gruntu i wód podziemnych, głównie poziomu czwartorzędowego i zewidencjonowano wiele ognisk zanieczyszczeń o charakterze potencjalnym. Sprawia to, że stopień zagrożenia jakości wód w zbiorniku jest najczęściej bardzo wysoki lub wysoki. Wysoki lub bardzo wysoki jest stopień zagrożenia użytkowych poziomów wodonośnych w obszarach jego zasilania. Średni stopień zagrożenia wystę-

puje tylko na niewielkich obszarach w dolinach rzek Bobrzy i Sufragańca (Prażak, 1997a, b). Zagrożenie zbiornika rośnie w miarę postępu zmian warunków wodnych powodowanych eksploatacją ujęć wód podziemnych, w tym głównie ujęcia komunalnego Kielce-Białogon (Prażak, 1994c; Prażak i in., 1994). W lejach depresji zmniejsza się miąższość zawodnionych osadów czwartorzędowych, co przyspiesza pionową migrację zanieczyszczeń do zbiornika dewońskiego. W warunkach naturalnych, na terenie ujściowego odcinka doliny Silnicy i w dolinie Bobrzy, w zbiorniku dewońskim panowały warunki naporowe i zwierciadło wody stabilizowało się powyżej powierzchni terenu. Szczeliny w stropie wapieni wypełnione są tam bowiem pylastą lub/i ilastą zwietrzeliną krasową. Obniżenie ciśnień piezometrycznych w leju depresji ujęcia komunalnego Kielce-Białogon sprawiło, że rzeka Silnica i odcinek Bobrzy w Białogonie zmieniły swój charakter z drenującego na infiltrujący. Nie jest to korzystne ze względu na zanieczyszczenie wód powierzchniowych powyżej II klasy czystości oraz fakt, że są one odbiornikiem wód deszczowych z terenu Kielce. Istnieje zagrożenie ich nagłym skażeniem w razie awaryjnego wycieku substancji toksycznych do kanalizacji deszczowej, np. w wypadku drogowym.

Zbiornik Wola Kopcowa. W zlewni zbiornika nie ma istotnych ognisk zanieczyszczeń. Brak ciągłej izolacji warstw wodonośnych sprawia jednak, że stopień jego zagrożenia ocenia się jako wysoki (Prażak, 1997b; Wróblewska, Herman, 1997).

Zbiornik Górno. Niewielka i nieciągła izolacja warstw wodonośnych sprawia, że stopień zagrożenia zbiornika jest w przewadze wysoki, a średni tylko lokalnie. Nie ma też na jego terenie i w otoczeniu większych ognisk zanieczyszczeń (Wróblewska, Herman, 1997, 2000a, 2002a).

Zbiornik Łagów. Słaba na ogół izolacja warstw wodonośnych oraz brak ognisk zanieczyszczeń sprawiają, że stopień zagrożenia zbiornika jest średni, a tylko lokalnie niski. Wyjątek stanowi rejon Łagowa, w którym stopień zagrożenia jest wysoki ze względu na występujące tam wschodnie warstw wodonośnych i liczne ogniska zanieczyszczeń (Wróblewska, Herman, 2000a, 2002a).

Zbiornik Włostów. Istotną rolę w ochronie warstw wodonośnych przed zanieczyszczeniem z powierzchni terenu pełnią pokrywające go lessy o miąższości dochodzącej do dwudziestu kilku metrów. Stopień zagrożenia zbiornika jest najczęściej niski. Wysoki występuje tylko lokalnie w miejscowościach o większej liczbie potencjalnych, najczęściej małych, ognisk zanieczyszczeń (Cichecka, 2000; Wróblewska, Herman, 2000a, b; Szczerbicka i in., 2001).

Zbiornik Gałęzice-Bolechowice-Borków. Naturalne warunki ochrony zbiornika są zróżnicowane, niemniej jednak ze względu na nieciągłość, zmienne rozprzestrzenienie i miąższość półprzepuszczalnych glin, mułków i ilów zastoiskowych i ilastych deluwii pokrywających miejscami warstwy wodonośne przyjmuje się, że są one na ogół słabe. Na opóźnienie migracji ewentualnych zanieczyszczeń z powierzchni terenu wpływ ma również pylasty materiał krasowy, wypełniający często pustki i leje krasowe w wapieniach

dewońskich. Wypełnione nim leje krasowe udokumentowano między innymi w kamieniołomie Trzuskawica, gdzie sięgają nawet do głębokości kilkudziesięciu metrów. Zmiany warunków wodnych wyrażające się obniżeniem zwierciadła wód podziemnych w rejonie odwadnianych wyrobisk górniczych z reguły pogarszają odporność zbiornika na zanieczyszczenie. W lejach depresji dochodzi do infiltracji znacznych ilości wód powierzchniowych, których jakość nie zawsze jest zadawalająca. Czynniki te powodują, że stopień zagrożenia jakości wód podziemnych w zbiorniku jest duży, a w jego centralnej części, szczególnie na terenach wybitnie przemysłowych o dużej liczbie potencjalnych ognisk zanieczyszczeń w zakładach przemysłu cementowego, wapienniczego i innych, nawet bardzo duży (Herman, 1997a–c; Prażak, 1997a).

Zbiornik Daleszyce. Naturalne warunki ochrony jakości wód podziemnych są w nim słabe ze względu na liczne wychodnie skał zbiornikowych oraz niewielką miąższość i ma-

łe rozprzestrzenienie półprzepuszczalnych warstw czwartorzędowych. Brak jest tam jednak większych ognisk zanieczyszczeń i obiektów stwarzających potencjalne zagrożenie zanieczyszczeniem gruntu i wód podziemnych (Herman, 1997b, c).

Zbiornik Miedzianka–Chęciny. Naturalna odporność warstw wodonośnych na zanieczyszczenie jest bardzo mała ze względu na dużą powierzchnię ich wychodni i małe pokrycie osadami czwartorzędowymi o niewielkiej miąższości, lecz brak jest istotnych ognisk zanieczyszczeń i obiektów stwarzających zagrożenie dla dobrej jakości wód podziemnych (Herman, 1997a; Prażak, 1997a).

Zbiornik Radomice. Brak jest istotnych ognisk zanieczyszczeń. Liczne wychodnie warstw wodonośnych i niewielka miąższość osadów czwartorzędowych, od kilku do kilkunastu metrów sprawiają, że naturalne warunki ochrony zbiornika są słabe. Stopień zagrożenia zbiornika ocenia się jako wysoki (Herman, 1997b).

W ogólnej ocenie można stwierdzić, że środkowo- i górnodewońskie zbiorniki wód podziemnych są słabo chronione przed zanieczyszczeniem z powierzchni terenu. Na ogół występują dobre warunki do pionowej migracji zanieczyszczeń z powierzchni terenu, co powoduje, że stopień ich zagrożenia jest najczęściej wysoki, a średni lub niski występują tylko lokalnie. Wyjątek stanowią pokryte ciągłą pokrywą lessów, o miąższości kilkunastu metrów, zbiorniki Włochy i Włostów, dla których stopień zagrożenia ocenia się jako średni i niski. Na terenach z dużą liczbą ognisk za-

nieczyszczeń stopień zagrożenia wzrasta i jest wysoki lub bardzo wysoki. Dotyczy to głównie znajdującego się niemal w całości w granicach miasta zbiornika Kielce oraz zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków ze względu na istniejące na jego terenie zakłady przemysłowe, w tym górnicze i cementowo-wapiennicze. Jest to teren tzw. Białego Zagłębia koło Kielc. W przypadku innych zbiorników większe skupiska ognisk zanieczyszczeń występują raczej rzadko i nie decydują najczęściej o stopniu ich zagrożenia.

ZAGROŻENIA STANU IŁOŚCIOWEGO WÓD PODZIEMNYCH

Góry Świętokrzyskie są obszarem wododziałowym, na którym zaznacza się ścisły związek wód powierzchniowych i podziemnych. W okresach suchych niskie przepływy rzek są limitowane przez zasilanie podziemne. Stąd też konieczne jest ścisłe przestrzeganie kryterium hydrologicznego przy ustalaniu zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych, gdyż nadmierna eksploatacja ujęć i odwodnienie licznych wyrobisk górniczych zagraża podlegającym ochronie przepływom nienaruszalnym rzek. Część wód po ich wykorzystaniu trafia z powrotem do rzek w postaci ścieków komunalnych lub przemysłowych, wyrównując w części powstałe wcześniej straty i wzbogacając objętość ich przepływu. Z reguły jednak ścieki odprowadzane są do rzek poniżej ujęć lub kopalń i straty powstałe w przepływach rzek są wyrównywane dopiero w niżej położonych odcinkach (Prażak, 1990, 1994a, c; Witczak, 1996; Prażak, 2001; Prażak i in., 2001, 2005; Szklarczyk, Szczepański, 2008; Szklarczyk i in., 2011).

Zachowanie odpowiedniego stanu ilościowego wód podziemnych jest konieczne także dla ochrony ekosystemów zależnych od wód podziemnych, skupionych zazwyczaj w dolinach rzecznych bądź w obniżeniach terenu. Są to głównie

ekosystemy łąkowe, bagna i torfowiska. Jeśli zostaną objęte lejami depresji ujęć lub odwadnianych kopalń, obniży się w nich zwierciadło wód gruntowych, co może doprowadzić do ich degradacji.

ZAGROŻENIA WYNIKAJĄCE Z NADMIERNEJ EKSPLOATACJI UJĘĆ

Wykorzystanie zasobów dyspozycyjnych oraz istniejące rezerwy wody zależą bezpośrednio od zagospodarowania terenu i potrzeb miejscowych użytkowników. Wielkość poboru wody z ujęć i spowodowane nim zmiany stanu ilościowego wód podziemnych w odniesieniu do poszczególnych zbiorników zostały już opisane szczegółowo w rozdziale pt. Pozycja hydrodynamiczna zbiorników i ich parametry hydrogeologiczne (str. 21–44). Istotne zmiany warunków hydrogeologicznych spowodowane eksploatacją ujęć zaznaczyły się tylko w zbiorniku Kielce, w którym pobór wody wynosi obecnie do 85% zasobów dyspozycyjnych, lecz jest skupiony głównie w studniach ujęcia komunalnego Kielce-Białogon, a lej depresji tego ujęcia obejmuje niemal cały zbiornik.

Uprzednio, w latach 1985–1994 pobór wody był większy o około 600 m³/h i istniało poważne zagrożenie, że przekroczy on nawet zasoby dyspozycyjne tego zbiornika (Prażak 1994a, c. Po tym okresie zaczął się on jednak systematycznie zmniejszać i zagrożenie minęło. Duże zmiany warunków hydrogeologicznych nastąpiły również w zbiorniku Gałęzice–Bolechowice–Borków, którego centralna i zachodnia część jest objęta regionalnym lejem depresji odwadnianych kopalń odkrywkowych wapieni i dolomitów. W pozostałych zbiornikach zmiany te są niewielkie i mają wymiar wyłącznie lokalny. Dotyczy to między innymi zbiornika Miedziana Góra, z którego pobór wody i odwodnienie kopalni Laskowa są równo oszacowanym zasobom dyspozycyjnym.

ODWODNIENIA GÓRNICZE I WYKORZYSTANIE WÓD KOPALNIANYCH

Odwodnienia wyrobisk górniczych kopalń wapieni, margli i dolomitów w środkowo- i górnodońskich zbiornikach wód podziemnych mają bezpośredni wpływ na kierunki krążenia wód i ich zasoby dyspozycyjne. Wpływają także na zasoby eksploatacyjne znajdujących się w pobliżu ujęć wody. Ich wpływ został już szczegółowo opisany przy charakterystyce hydrodynamiki poszczególnych zbiorników. Według stanu na koniec 2009 r. łączna ilość odprowadzanej wody z dziewięciu odwadnianych kopalń w obszarze badań wynosiła 3070 m³/h, w tym: 2550 m³/h (83%) z pięciu kopalń na terenie zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków, 340 m³/h (11%) z dwóch kopalń na terenie zbiornika Włostów, 160 m³/h (5%) z jednej kopalni na terenie zbiornika Miedziana Góra i 20 m³/h (<1%) z jednej kopalni na terenie zbiornika Górno (tab. 12; fig. 15, 24, 28, 30). W świetle obecnych prognoz kopaliny będą wydobywane na coraz niższych poziomach eksploatacyjnych. Należy się też spodziewać udostępniania nowych złóż o zasobach eksploatacyjnych kopalni udokumentowanych poniżej zwierciadła wód podziemnych. Czas odwodnienia poszczególnych wyrobisk będzie różny w zależności od czasu trwania wydobywania kopaliny. Między innymi z tego powodu prognozy eksploatacyjne złóż i ich odwodnień są trudne i jak wykazała dotychczasowa praktyka najczęściej mało wiarygodne. Niemniej jednak w ciągu najbliższych 10–20 lat należy się spodziewać zwiększenia odwodnień górniczych z istniejących i nowych kopalń, szczególnie w zbiornikach Włochy, Górno, Łągów, Włostów, Gałęzice–Bolechowice–Borków i Radomice.

Już od samego początku rozpoczętych w pierwszej połowie lat 70. XX wieku odwodnień wyrobisk górniczych rozważano możliwość wykorzystania wód kopalnianych dla potrzeb zaopatrzenia ludności. Z ujęć własnych zakładów górniczych, wspomagających najczęściej odwodnienie wyrobiska, jest zaopatrywana w wodę okoliczna ludność dla rekompensaty tzw. szkód górniczych, wyrażających się między innymi obniżeniem zwierciadła wód podziemnych i osuszeniem studzien. Woda z rzepi kopalnianych jest niemal w całości odprowadzana do najbliższych rzek, wzbogacając

Tabela 12

Odwadnianie kopalnie odkrywkowe wapieni i dolomitów w środkowo- i górnodońskich zbiornikach wód podziemnych Gór Świętokrzyskich

Dewatering of opencast mines of limestone and dolomite
in the Middle and Upper Devonian reservoirs
of the Holy Cross Mountains

Zbiornik wód podziemnych	Kopalnia	Odwadniany poziom eksploatacyjny [m n.p.m.]	Odwodnienie 2009 r. [m ³ /h]
Miedziana Góra	Laskowa	230	160
Górno	Józefka	?	20
Włostów	Piskrzyń	?	110
	Wymysłów	225	230
Gałęzice–Bolechowice–Borków	Miedzianka (wyrobisko Ostrówka)	160	1300
	Jazwica	210	110
	Radkowice	190	850
	Kowala	210	10
	Trzuskawica	213	280
Łącznie			3070

ich przepływ, a tylko niewielka jej ilość jest wykorzystywana na potrzeby technologiczne (płukanie kamienia). Dobra jakość wody przyczynia się do poprawy stanu czystości wód rzecznych. Niemniej jednak stale rozpatrywana jest możliwość ewentualnego wykorzystania tej wody na potrzeby aglomeracji kieleckiej i wodociągów wiejskich. Rozważane były i są dwa sposoby ujęcia wód kopalnianych. Mogą one być pobrane poprzez osadniki jako wody powierzchniowe lub przez bariery odwodnieniowych studzien wierconych (Szczepański, 1984; Prażak, 1990; Prażak i in., 2005). W przypadku aglomeracji kieleckiej zadanie wspomagania odwodnienia kopalni Trzuskawica, Kowala i Radkowice na terenie zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków pełnią częściowo ujęcia komunalne Kielc w Dyminach (Prażak i in., 2005). Brakuje jednak wzajemnych porozumień zakładów górniczych ze spółką Wodociągi Kieleckie w sprawie wspólnych działań mających na celu wykorzystanie wód kopalnianych. Wynika to między innymi z faktu, że w ostatnich latach zmniejszyło się zapotrzebowanie miasta na wodę i sprawa ta nie jest już tak pilna, jak w latach ubiegłych. W przypadku innych zbiorników odwodnienie kopalń nie jest jeszcze zbyt uciążliwe dla gospodarki wodnej. Problem szkód górniczych i wykorzystania wód kopalnianych będzie się jednak w nich nasilał w miarę postępu w odwodnieniu wyrobisk na coraz to niższych poziomach eksploatacyjnych.

Po zakończeniu wydobywania kopalni, wyrobiska poeksploatacyjne zostaną zalane wodą podziemną. Zakłady górnicze

przewidują ich rekultywację wodną, w myśl której w nieczynnych kamieniołomach powstaną głębokie zbiorniki wód powierzchniowych. Spowoduje to między innymi wzrost parowania terenowego. Zasoby wód podziemnych są odnawialne, co oznacza, że po ich okresowej degradacji

zasoby dyspozycyjne poszczególnych zbiorników ulegną odbudowaniu i będą zbliżone do wielkości z okresu przed rozpoczęciem odwodnień. Proces ten, mimo że będzie rozciągnięty w czasie, powinien być brany pod uwagę w planach gospodarki wodnej.

ZASADY OCHRONY ŚRODKOWO- I GÓRNODEWOŃSKICH ZBIORNIKÓW WÓD PODZIEMNYCH

Szczelinowo-krasowe zbiorniki środkowo- i górnodewońskie są szczególnie narażone na szybką, trudną do śledzenia migrację zanieczyszczeń (Prażak i in., 1998). Wody są w nich, tak jak wszystkie wody podziemne, prawnie chronione przed zanieczyszczeniem w ramach tzw. ich „zwykłej ochrony”. Szczególne wymogi ochronne mają miejsce w przypadku stref ochrony bezpośredniej i pośredniej ujęć wód podziemnych, gdzie obowiązujące w nich zakazy, nakazy i zalecenia są ustalane indywidualnie dla każdego ujęcia. Należy jednak zaznaczyć, że o ile strefy ochrony bezpośredniej ujęć są ustanawiane obligatoryjnie, to strefy ochrony pośredniej nie są już obowiązkowe i ustanawia się je na wniosek właściciela danego ujęcia. Według stanu na 2010 r. mają je ustanowione tylko większe ujęcia komunalne.

GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH (GZWP) WYMAGAJĄCE SZCZEGÓLNEJ OCHRONY

Od końca lat 80. XX w. trwają starania o objęcie szczególnej ochroną najważniejszych, o strategicznym znaczeniu dla zaopatrzenia ludności w wodę, dobrej jakości głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP), uznanych za wymagające szczególnej ochrony (Kleczkowski, red., 1990). Wśród nich znalazły się cztery zbiorniki środkowo- i górnodewońskie w Górach Świętokrzyskich: 417 Kielce, 418

Gałęzice–Bolechowice–Borków, 419 Bodzentyn i 421 Włostów (Prażak, Szczepański, 1991) (fig. 10). GZWP 417 i 418 spełniają wszystkie kryteria podstawowe, natomiast GZWP 419 i 421 nie spełniają podstawowego kryterium ilościowego, lecz są ważne ze względu na położenie wśród obszarów deficytowych w wodę. Opracowano dla nich dokumentacje określające warunki hydrogeologiczne i wyznaczono obszary ochronne (Kleczkowski i in., 1994; Prażak, 1994a; Bednarz, 1996; Szczerbicka i in., 2001; Górka i in., 2011). Do chwili obecnej nie ma jednak prawnych wymogów respektowania wnioskowanych w nich form ochrony zbiorników. Od 2010 r. dokumentacje GZWP są wykonywane, a wykonane przed 2010 r. są reambulowane na podstawie nowej metodyki, dostosowanej do potrzeb wdrażania przez Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej i Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej programów gospodarowania wodami w obszarach dorzeczy na potrzeby osiągnięcia dobrego stanu wód podziemnych, służących dla zaopatrzenia ludności w wodę do picia i kształtujących warunki środowiskowe ekosystemów wodnych i lądowych (Herbich i in., 2009). Prace są w toku i ich efektem będzie uwzględnienie wymogów ochrony GZWP w programach gospodarowania wodami oraz wojewódzkich i gminnych planach przestrzennego zagospodarowania terenu.

Podstawowe dane wyżej wymienionych środkowo- i górnodewońskich GZWP podano w tabeli 13.

Tabela 13

Wybrane parametry środkowo- i górnodewońskich GZWP w Górach Świętokrzyskich

Selected hydrogeological parameters of the Middle and Upper Devonian main groundwater reservoirs of the Holy Cross Mountains

GZWP		Powierzchnia zbiornika [km ²]	Powierzchnia obszaru zasilania [km ²]	Szacunkowe zasoby dyspozycyjne [m ³ /h]	Stan prawny obszarów ochronnych
Nr	nazwa				
417	Kielce	39,5	150,6	1530*	dokumentacja hydrogeologiczna zatwierdzona przez Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (Prażak, 1994)
418	Gałęzice–Bolechowice–Borków	132,6	255,8	2659*	dokumentacja hydrogeologiczna w opracowaniu (Górka i in., 2011)
419	Bodzentyn	43,7	81,8	490*	dokumentacja hydrogeologiczna zatwierdzona przez Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (Bednarz, 1996)
421	Włostów	88,7	136,0	778*	dokumentacja hydrogeologiczna zatwierdzona przez Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (Szczerbicka i in., 2001)

* GZWP wraz z obszarami zasilania

GZWP 417 i 418 są podstawowym źródłem zaopatrzenia Kielc w wodę, jednak ich ochrona jest utrudniona ze względu na fakt, że GZWP 417 znajduje się niemal w całości w granicach miasta, a GZWP 418 jest obszarem intensywnego wydobycia kopalin i związanych z tym odwodnień wyrobisk górniczych (Prażak, 1994a; Prażak i in., 2005; Prażak, Janecka-Styrz, 2007). W jego granicach znajdują się także południowe, w znacznej części przemysłowe dzielnice Kielc. Funkcjonowanie na tym terenie zakładów górniczych i odwodnienie wyrobisk kopalń spowodowało jedynie ilościową degradację jego zasobów wodnych i nie wpłynęło na pogorszenie się jakości wody. Ochrona zbiornika powinna być nadal ukierunkowana głównie na ochronę jakości wód podziemnych, gdyż ilościowa degradacja zasobów ma charakter czasowy i zostaną one odnowione po zakończeniu działalności górniczej. Szczególnie ważnym jest, aby w przyszłości na terenach pokopalnianych nie powstały obiekty mogące stanowić zagrożenie dla wód podziemnych.

Zbiornik Włostów jest natomiast głównym źródłem wody dla miejscowych wodociągów wiejskich i położonego poza jego granicami miasta Opatów. W latach ubiegłych był także źródłem wody dla obecnie nieczynnej cukrowni Włostów. Obszar jego zasilania ma charakter typowo rolniczy i leśny. Brak tam istotnych ognisk zanieczyszczeń, które mogłyby spowodować zanieczyszczenie wód podziemnych w skali regionalnej (Szczerbicka i in., 2001).

DZIAŁANIA OCHRONNE

Pierwsze działania ochronne wód podziemnych wiązały się głównie z badaniami stanu bakteriologicznego wody z ujęć i ewentualnym jej uzdatnianiem. W ubiegłych latach, niemal do końca lat 80. XX wieku, zakres badań fizyczno-chemicznych wody najczęściej był ograniczony do badań bakteriologicznych i podstawowych właściwości fizycznych i składników chemicznych wody. Tam gdzie było to potrzebne stosowano jej proste uzdatnianie ze względu na podwyższoną zawartość żelaza lub/i manganu. Ujęcia miały obligatoryjnie ustanawiane strefy ochrony bezpośredniej, a duże komunalne najczęściej także strefy ochrony pośredniej. Długo nie ustanawiano strefy ochrony pośredniej dużego ujęcia komunalnego Kielc w Białogonie. Powodem były znaczne koszty związane z jej utrzymaniem i ograniczeniami w zagospodarowaniu terenu. Niemniej jednak, już w 1966 r. wykonano tam kartowanie sozologiczne i zinventaryzowano wszystkie ówczesne ogniska zanieczyszczeń (Żak, 1966).

Intensywne działania na rzecz ochrony wód podziemnych rozpoczęto dopiero od 1990 r. W 1989 r. na terenie Zakładu Gospodarki Produktami Naftowymi CPN w Białogonie, położonego 350 m od najbliższych studni komunalnych, wykryto duże zanieczyszczenia gruntu i wód poziomu czwartorzędowego produktami naftowymi (Siejka, 1990). Podjęte tam natychmiast prace oczyszczające trwały ponad 10 lat i zakończyły się jedynie zebraniem płynącego na

powierzchni wód gruntowych produktu naftowego. Nadal jednak woda w osadach czwartorzędowych jest w wysokim stopniu zanieczyszczona. W niżej leżącym poziomie środkowo- i górnodewońskim występuje jedynie śladowe zanieczyszczenie benzenem. Nie stwierdzono go jednak dotychczas w studniach komunalnych odległych o 350 m i położonych na kierunku spływu wód.

W 1990 r. przystąpiono także do ewidencji obiektów stwarzających potencjalne zagrożenie dla wód podziemnych, a następnie do rozpoznania stanu czystości gruntu i wody na położonym w granicach miasta obszarze zasilania ujęcia Kielce-Białogon (Rybka, Kościelniak, 1992). W kolejnym etapie kartowanie sozologiczne rozszerzono na pozostałą część obszaru zasilania, a następnie objęto nim całą zlewnię Nidy (Giełżecka i in., 1995). W wyniku przeprowadzonego rozpoznania decyzjami administracyjnymi zobowiązano właścicieli obiektów stwarzających zagrożenie do ich likwidacji bądź modernizacji, w stopniu gwarantującym ochronę środowiska gruntowo-wodnego, a w przypadku stwierdzonego zanieczyszczenia do jego likwidacji. Rozpoczęte wówczas na niektórych obiektach prace oczyszczające trwają jeszcze do chwili obecnej. W międzyczasie ustanowiono strefę ochronną ujęcia Kielce-Białogon. Dużą pomocą w pozyskiwaniu środków finansowych na badania oraz wspomoczeniem dla decyzji administracyjnych zobowiązujących właścicieli poszczególnych obiektów o rozpoznania lub/i likwidacji zanieczyszczeń gruntu i wody było uznanie zbiornika Kielce za jeden z głównych zbiorników wód podziemnych w Polsce wymagających szczególnej ochrony (GZWP 417 Kielce) (Kleczkowski, red., 1990a, b). Należy przy tym jednak zaznaczyć, że znacznym utrudnieniem w procesie likwidacji zanieczyszczeń jest często spotykany po 1990 r. podział zanieczyszczonych działek i zmiana ich właścicieli.

Do działań ochronnych należy także zaliczyć starania o zaprzestanie nowej zabudowy mieszkaniowej i przemysłowej na położonych w granicach miasta obszarach zasilania ujęcia komunalnego. Pomimo wieloletnich starań teren ten jest sukcesywnie zabudowywany, a sprzyja temu między innymi brak miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego tej części Kielc.

ZNACZENIE PLANÓW PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA W OCHRONIE WÓD PODZIEMNYCH

Szczególne znaczenie w respektowaniu wymogów ochrony zbiorników wód podziemnych mają miejscowe i wojewódzkie plany zagospodarowania przestrzennego. Potrzebę ochrony wód podziemnych podkreśla jednoznacznie plan województwa świętokrzyskiego. Wyraża się to między innymi zaznaczeniem na nim głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) wraz ze wskazaniem, że wymagają one szczególnej ochrony pomimo, że ich ochrona nie jest jeszcze obligatoryjna. Jest to jednak ważna informacja dla autorów planów (studiów do planu) zagospodarowania poszczególnych gmin. Działanie to ma charakter prewencyjny w celu

zwiększenia świadomości potrzeby ochrony wód podziemnych, zanim jeszcze obszary ochronne zbiorników zostaną ustanowione prawnie.

Wymogi ochrony wód podziemnych wprowadzane do planów zagospodarowania przestrzennego w postaci zakazów, nakazów i zaleceń zawsze wiążą się ograniczeniami w korzystaniu z terenu i często nakładają dodatkowe obowiązki na właścicieli istniejących tam obiektów. Jest to konieczne dla ochrony dobra wspólnego, jakim są wody podziemne dobrej jakości, co wyraźnie podkreśla Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r., ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej tzw. Ramowa dyrektywa wodna. Dotyczy to zarówno zasobów wykorzystywa-

nych obecnie, jak i perspektywicznych, po które będą mogły sięgać następne pokolenia.

Konieczne dla ochrony szczelinowo-krasowych zbiorników wód podziemnych w Górach Świętokrzyskich zakazy, nakazy i zalecenia w użytkowaniu terenu, które powinny się znaleźć najpierw w planach gospodarowania wodami dorzecza, a następnie w planach zagospodarowania przestrzennego podano w tabeli 14. Dotyczą one działalności rolniczej, składowania odpadów, ścieków, obiektów mogących znacząco oddziaływać na wody podziemne, eksploatacji kopalni i odwodnień górniczych, magazynowania substancji w górotworze i gospodarki wodnej. Ich przestrzeganie jest warunkiem niezbędnym dla zachowania dobrego dotychczas stanu ilościowego i chemicznego wód podziemnych.

Tabela 14

Podstawowe zakazy, nakazy, ograniczenia i zalecenia w użytkowaniu terenu, niezbędne dla ochrony szczelinowo-krasowych zbiorników wód podziemnych w Górach Świętokrzyskich

Basic inhibitions, prescriptions, limitations and recommendations for land use necessary for the protection of fissure-karst groundwater reservoirs

Rodzaj działalności	Zakazy	Nakazy	Ograniczenia i zalecenia
Planowanie przestrzenne		– uzgadniania miejscowych i wojewódzkich planów zagospodarowania przestrzennego w zakresie obszarów ochronnych wód śródładowych z właściwym dyrektorem RZGW	– przy przekwalifikowaniu gruntów rolnych i leśnych na inne cele należy wykonać ocenę wpływu zamierzonego przeznaczenia gruntów na wody podziemne
Działalność rolnicza	– lokalizowania nowych dużych ferm chowu zwierząt, – stosowania nawozów w dawkach rocznych przekraczających 170 kg azotu (N) w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych, – stosowania nawozów płynnych na obszarach płytkiego występowania skał zbiornikowych (<10 m), – grzebania zwłok zwierząt	– wykonywania planów nawożenia dla istniejących dużych ferm hodowlanych, – przechowywanie gnojówki tylko w szczelnych zbiornikach, – przechowywanie nawozów na nieprzepuszczalnym podłożu	– ograniczenie stosowania nawozów naturalnych i sztucznych do dawek określonych w Kodeksie Dobrej Praktyki Rolniczej – rolniczej, z uwzględnieniem ochrony wód
Składowiska odpadów	– lokalizowania nowych i rozbudowy istniejących składowisk odpadów komunalnych i innych niebezpiecznych dla wód podziemnych oraz składowisk podziemnych (w tym promieniotwórczych)	– likwidacji lub zabezpieczenia istniejących składowisk odpadów komunalnych i innych niebezpiecznych dla wód podziemnych, – prowadzenia w uzasadnionych przypadkach monitoringu jakości odcieków i wód podziemnych w rejonie składowisk jw.	
Ścieki	– rolniczego wykorzystania ścieków, – wprowadzania do gruntu ścieków ze zbiorczej kanalizacji komunalnej, – odprowadzania do gruntu ścieków przemysłowych, – wykorzystania komunalnych osadów ściekowych do nawożenia pól uprawnych		– kanalizacja na obszarach miejskich i wiejskich
Obiekty mogące znacząco oddziaływać na wody podziemne	– lokalizacji inwestycji mogących znacząco oddziaływać na wody podziemne, w tym dużych baz paliw płynnych, – lokalizowania instalacji do odzysku lub unieszkodliwiania odpadów, – bezzbiornikowego magazynowania substancji w górotworze	– uzgodnienia z właściwym dyrektorem RZGW decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania dla wszystkich przedsięwzięć mogących stwarzać zagrożenie dla wód podziemnych, – nakaz wyposażenia stacji i baz paliw płynnych w instalacje i urządzenia zabezpieczające przed przenikaniem produktów naftowych do gruntu, – likwidacji stwierdzonych ognisk zanieczyszczeń środowiska gruntowowodnego	– w miarę możliwości należy (jak w 2. rzędzie) unikać lokalizacji nowych, średnich i małych stacji paliw płynnych, – zalecenie prowadzenia monitoringu jakości wód podziemnych wokół obiektów mogących spowodować zanieczyszczenie wód podziemnych, – zalecenie prowadzenia monitoringu jakości wód podziemnych wokół stacji i baz paliw płynnych

Tabela 14 cd.

Rodzaj działalności	Zakazy	Nakazy	Ograniczenia i zalecenia
Eksploatacja kopalni i odwodnienia górnicze	<ul style="list-style-type: none"> – eksploatacji kopalni w warunkach mogących spowodować pogorszenie jakości wód podziemnych, – odwodnienia wyrobisk górniczych w stopniu mogącym znacznie zmniejszyć zasoby eksploatacyjne istniejących ujęć wody, bez możliwości zaopatrzenia użytkowników w wodę w ramach szkód górniczych, – rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych oraz powierzchni terenu odpadami, z wyjątkiem obojętnej (niezanieczyszczonej) skały macierzystej – zebranego wcześniej nadkładu złoża 	<ul style="list-style-type: none"> – prowadzenia obserwacji stanu zwierciadła wód podziemnych w rejonie odwadnianych wyrobisk górniczych 	<ul style="list-style-type: none"> – zalecenie wykorzystania przynajmniej części wód kopalnianych w celu zaopatrzenia ludności, rolnictwa i przemysłu
Magazynowanie substancji w górotworze	<ul style="list-style-type: none"> – magazynowania substancji w górotworze, w zlewniach podziemnych i powierzchniowych dewońskich zbiorników wód podziemnych 		
Gospodarka wodna	<ul style="list-style-type: none"> – poboru wody w ilości przekraczającej ustalone zasoby dyspozycyjne zbiornika lub wystąpienia w nim niekorzystnych zmian warunków hydrodynamicznych (np. brak stabilizacji regionalnego leja depresji lub większy niż prognozowany) 		<ul style="list-style-type: none"> – zalecenie okresowych przeglądów i weryfikacja wydanych pozwoleń wodnoprawnych, jeśli ich łączna suma przekracza 75% zasobów dyspozycyjnych zbiornika wraz z wykonaniem szczegółowego bilansu wodnego, najlepiej na stacjonarnym modelu matematycznym danego zbiornika, – zalecenie prowadzenia w poszczególnych zbiornikach monitoringu poboru wody i stanu retencji wód podziemnych
Wody powierzchniowe			<ul style="list-style-type: none"> – poprawy stanu czystości rzek i cieków, szczególnie na odcinkach ich infiltracji do szczelino-krasowych zbiorników wód podziemnych

MONITORING WÓD PODZIEMNYCH

Monitoring wód podziemnych jest kontrolno-decyzyjnym systemem oceny przemian zachodzących we właściwościach fizycznych i składzie chemicznym oraz w stanie ilościowym wód. W wybranych, charakterystycznych i odpowiednio przystosowanych punktach obserwacyjno-badawczych są prowadzone powtarzalne analizy chemiczne wody i/lub pomiary jej zwierciadła. Uzyskane wyniki są interpretowane w sposób zunifikowany, przystosowany do oceny stanu chemicznego i ilościowego wód podziemnych oraz wspomagania działań zmierzających do likwidacji lub ograniczenia ujemnego wpływu czynników antropogenicznych (na podstawie: Dowgiałło i in., red., 2002).

MONITORING STANU CHEMICZNEGO WÓD PODZIEMNYCH

Skład chemiczny oraz właściwości fizyczne i bakteriologiczne wód podziemnych w zbiornikach środkowo- i górnodewońskich są stosunkowo dobrze rozpoznane. Badane są na etapie dokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęć, a później w ramach prowadzonych przez Sanepid badań

kontrolnych. Badania kontrolne Sanepidu w Kielcach nie obejmują wody wypływającej bezpośrednio ze studni, a jedynie próbki wody pobrane u użytkownika, po jej przejściu przez wszystkie urządzenia związane z jej ewentualnym uzdatnianiem i przesyłem. Powoduje to, że nie dokumentują one wprost stanu chemicznego i innych właściwości wód podziemnych. Dla ich poznania i śledzenia zmienności w czasie badania właściwości fizycznych i składu chemicznego wód podziemnych wykonywane są w wybranych i specjalnie do tego celu przystosowanych punktach sieci krajowej oraz sieci regionalnych i lokalnych, w ramach monitoringu stanu chemicznego (jakości) wód podziemnych. W sieci krajowej monitoring prowadzony jest od 1991 r. W obszarze badań w jej skład wchodzi 2 punkty monitoringu diagnostycznego (i ilościowego), ujmujące wodę ze zbiornika Bodzentyn, w miejscowości Bodzentyn i zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków w miejscowości Suków. Na terenie zbiornika Górno, w miejscowości Wola Jachowa znajduje się również punkt ujmujący nadległy poziom czwartorzędowy. Punkty te są jednocześnie punktami badawczymi prowadzonej przez PIG-PIB krajowej Sieci Obserwacyjno-Badawczej Wód Podziemnych (fig. 43).

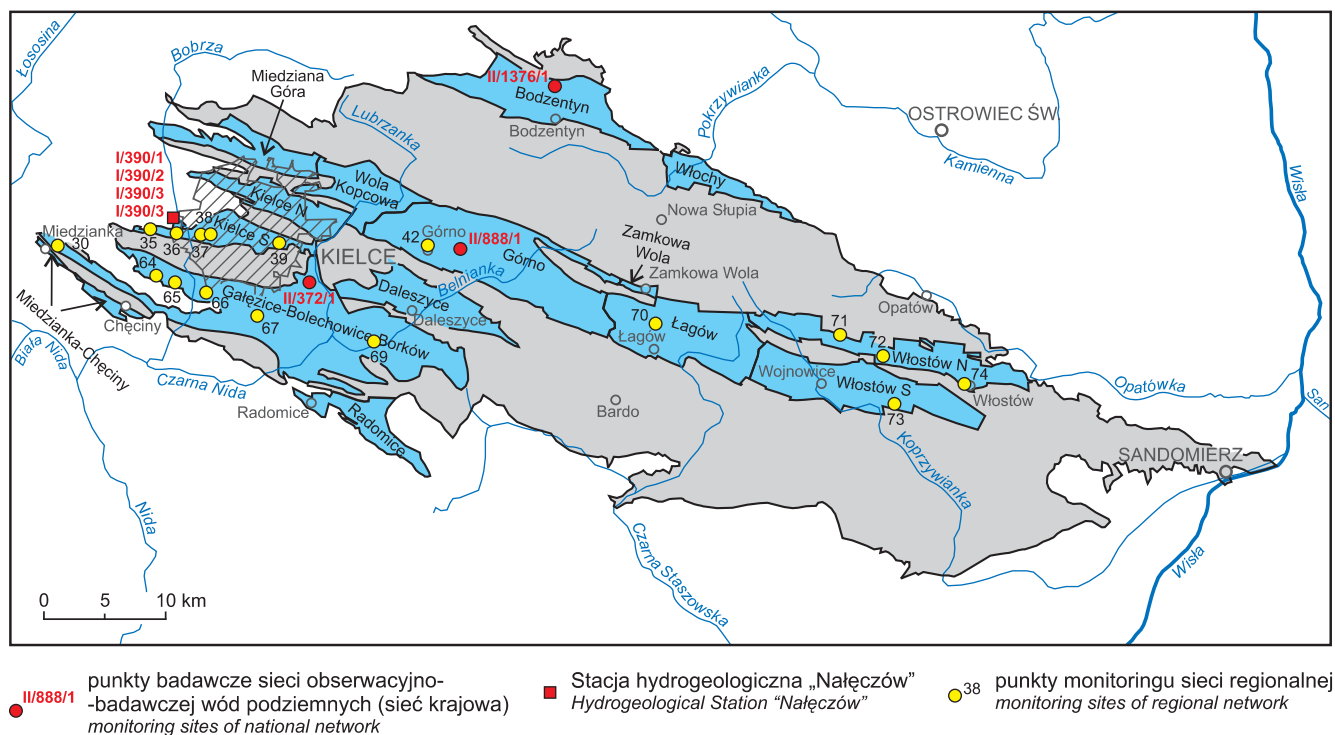


Fig. 43. Sieć krajowa i regionalna punktów monitoringu jakości wód podziemnych w zbiornikach środkowo- i górnodewońskich Gór Świętokrzyskich

Network of national and regional monitoring sites of groundwater quality of the Middle and Upper Devonian aquifers

W bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika Kielce, tuż za jego północno-zachodnią granicą, zbudowano stację hydrogeologiczną PIK w Nałęczowie, obecnie w granicach Kielce (tab. 15, fig. 43). Wchodzące w jej skład cztery otwory są punktami monitoringu diagnostycznego i ilościowego sieci krajowej. Najgłębszy ujmuje poziom środkowodewoński, w przelocie głębokości 194–250 m, a pozostałe otwory wyżej leżące poziomy górnopermski, dolnotriasowy oraz czwartorzędowy w dolinie rzeki Bobrzy (Taszek, 1982) (fig. 19).

Należy zwrócić uwagę na dwie odrębne numeracje punktów obserwacyjno-badawczych. Numery tych samych punktów są inne w Sieci Obserwacyjno-Badawczej Wód Podziemnych (SOH) monitoringu ilościowego aniżeli w sieci monitoringu diagnostycznego jakości wód podziemnych (baza MONBADA). W tabeli 15 podano ich podwójną numerację, natomiast na figurze 43 zamieszczono tylko numery Sieci Obserwacyjno-Badawczej Wód Podziemnych. Jednocześnie należy nadmienić, że w 2011 r. nastąpiła reorganizacja baz SOH

Tabela 15

Wykaz punktów monitoringu diagnostycznego i sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych w zbiornikach środkowo- i górnodewońskich Gór Świętokrzyskich i obszarach ich zasilania

The list of diagnostic monitoring sites and observation research network of groundwater in the Middle and Upper Devonian reservoirs of the Holy Cross Mountains

Zbiornik	Nr bazy monitoringu MONBADA	Nr SOH	Nazwa punktu	Stratygrafia ujętej warstwy wodonośnej	Filtr od-do [m]	Rozpoczęcie obserwacji
Bodzentyn	1902	II/1376/1	Bodzentyn	dewon środkowy	41,5–66,5	1991 (z przerwami)
Gałężnice–Bolechowice–Borków	603	II/372/1	Suków	dewon środkowy	52,5–71,0	1991
Górnio	–	II/888/1	Wola Jachowa	czwartorzęd	20,0–24,0	2011
1 km na NE od zbiornika Kielce	608	I/390/4	Stacja hydrogeologiczna Nałęczów	czwartorzęd	10,5–18,5	1991
	607	I/390/3		trias górny	40,0–83,0	1991
	606	I/390/2		perm górny	167,0–183,0	1991
	605	I/390/1		dewon środkowy	192,0–250,0	1991

i MONBADA i obecnie funkcjonuje już tylko jedna baza: baza danych monitoringu wód podziemnych (Baza danych MWP).

W sieci regionalnej (wojewódzkiej) monitoring jakości wód podziemnych prowadzono w latach 1992/1993–2005. Wykonywał je Oddział Świętokrzyski PIG z zachowaniem rygorów obowiązujących przy badaniach w sieci krajowej. Początkowo prowadzono je z częstotliwością dwa razy w roku, później jeden raz w roku. Zleceniodawcą był Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Kielcach, a przed reformą administracyjną w 1999 r. także i w Tarnobrzegu. W sieci znajdowało się 17 punktów, do których należały czynne studnie wiercone, ujmujące wodę z sześciu zbiorników środkowo- i górnodońskich: Bodzentyn – 1 punkt, Górno – 2 punkty, Łągów – 1 punkt, Włostów – 4 punkty, Kielce – 5 punktów, i Gałęzice–Bolechowice–Borków – 7 punktów (tab. 16, fig. 43). Bez punktów badawczych pozostawały zbiorniki Włochy, Miedziana Góra, Wola Kopcowa, Miedzianka–Chęciny i Radomice. Wyniki badań są opublikowane w Bibliotece Monitoringu Środowiska (Prażak i in., 1996; Stan środowiska..., 1997–2006).

Monitoringi jakości wód podziemnych wokół stwierdzonych ognisk zanieczyszczeń i obiektów stwarzających zagrożenie potencjalne zaczęto prowadzić w sieciach lokalnych dopiero od 1990 r. Są one usytuowane głównie w rejonach zakładów przemysłowych i stacji paliw płynnych na terenie Kielc. Szczególnie ważne są wyniki badań z rejonu obiektów zagrażających bezpośrednio jakości wody ujęć komunalnych, np. ujęcie Kielce-Białogon. Pozwalają one na bieżącą ocenę zagrożenia ujęć i skuteczności prowadzonych działań ochronnych. Jako przykład może służyć obserwowany stan zanieczyszczenia wody trichloroetenem w rejonie intensywnych prac oczyszczających na terenie jednego z zakładów przemysłowych (fig. 44).

Tabela 16

Wykaz punktów monitoringu regionalnego jakości wód podziemnych w województwie świętokrzyskim w zbiornikach środkowo- i górnodońskich Gór Świętokrzyskich

The list of monitoring sites of regional monitoring of groundwater quality in the Świętokrzyskie Voivodeship in the Middle and Upper Devonian reservoirs of the Holy Cross Mountains

Zbiornik	Nr punktu	Nazwa punktu	Filtr od–do [m]	Okres obserwacji
Kielce	35	Jaworznia	122,7–147,0	1992–2005
	36	Kielce-Zalesie	48,5–65,0	
	37	Kielce-Białogon st. IIIa	34,0–64,0	
	38	Kielce-Białogon st. VII	48,9–61,0	
	39	Kielce, ul. Wojska Polskiego	60,3–102,5	
Górno	42	Górno	28,0–48,0	
Łągów	70	Plucki	36,9–49,7	
Włostów	71	Modliborzyce	34,7–42,7	1993–2005
	72	Kobylany	76,5–97,8	
	73	Mydlowiec	65,9–95,9	
	74	Włostów	34,9–57,0	
Gałęzice–Bolechowice–Borków	30	Miedzianka	50,3–93,2	1992–2005
	64	Czerwona Góra	58,0–86,0	
	65	Nowiny	63,2–108,0	
	66	Trzuskawica	60,8–108,8	
	67	Kielce-Dyminy	69,9–95,3	
	69	Borków	60,0–90,0	

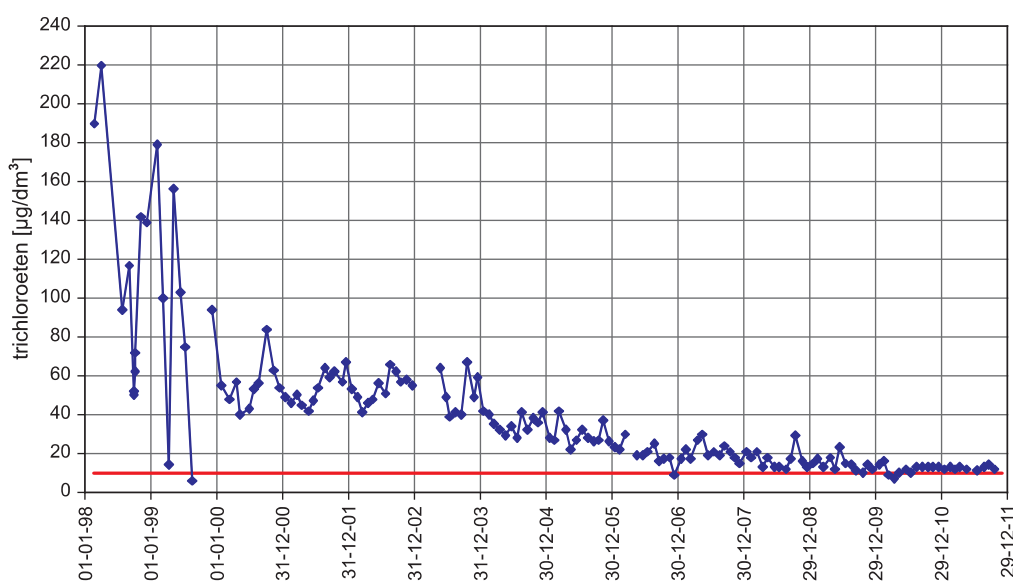


Fig. 44. Przykład zmienności zanieczyszczenia wód podziemnych w punkcie monitoringu lokalnego (rejon intensywnych prac oczyszczających środowisko gruntowo-wodne)

An example of the variability of groundwater contamination at the local monitoring site (region of intensive purification)

Wyniki badań monitoringowych potwierdzają dobrą jakość wód podziemnych zbiorników środkowo- i górnodewońskich w skali regionalnej. Stwierdzone zanieczyszczenia mają charakter wyłącznie lokalny i spotyka się je głównie w zbiorniku Kielce. Ich zasięg przestrzenny jest kontrolowany prowadzonymi na bieżąco badaniami składu chemicznego wód podziemnych w monitoringach lokalnych w zbiorniku i nadległym poziomie czwartorzędowym.

MONITORING STANU ILOŚCIOWEGO WÓD PODZIEMNYCH

Monitoring stanu ilościowego wód podziemnych w krajowej sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych jest prowadzony w trzech punktach (studnie wiercone) ujmujących poziom środkowo- i górnodewoński: II/372/1 w Sukowie (zbiornik Gałęzice–Bolechowice–Borków) od 1979 r., II/888/1 w Górnicy (zbiornik Górno) od 2011 r. i II/1376/1 w Bodzentynie (zbiornik Bodzentyn) od 1991 r. (fig. 43, tab. 15). Poziom zwierciadła wody mierzony jest w nich jeden

raz w tygodniu i stanowi podstawę do oceny stanu zasobów wód podziemnych oraz panującej w zbiornikach dynamiki ich retencji. W punktach o długich ciągach obserwacyjnych (Bodzentyn i Suków) wieloletnia amplituda wahań zwierciadła wody wynosi odpowiednio: 5,07 m i 2,85 m (fig. 45). Wskazuje to na dużą wrażliwość omawianych zbiorników na zmiany ich zasilania przez infiltrację opadów atmosferycznych.

Poziom zwierciadła wód podziemnych jest także mierzony w wielu punktach sieci lokalnych założonych w rejonach odwadnianych kopalń, na terenie zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków i ujęcia komunalnego Kielce–Białogon na terenie zbiornika Kielce. Pomiary rozpoczęto staraniem Oddziału Świętokrzyskiego w Kielcach ówczesnego Instytutu Geologicznego (obecnie Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy Oddział Świętokrzyski w Kielcach) w 1974 r. i trwały one do 1980 r. (Maszoński, 1975, 1980; Żak, 1981). Po tym okresie są kontynuowane i finansowane ze środków poszczególnych zakładów górniczych i Wodociągów Kieleckich Sp. z o.o.

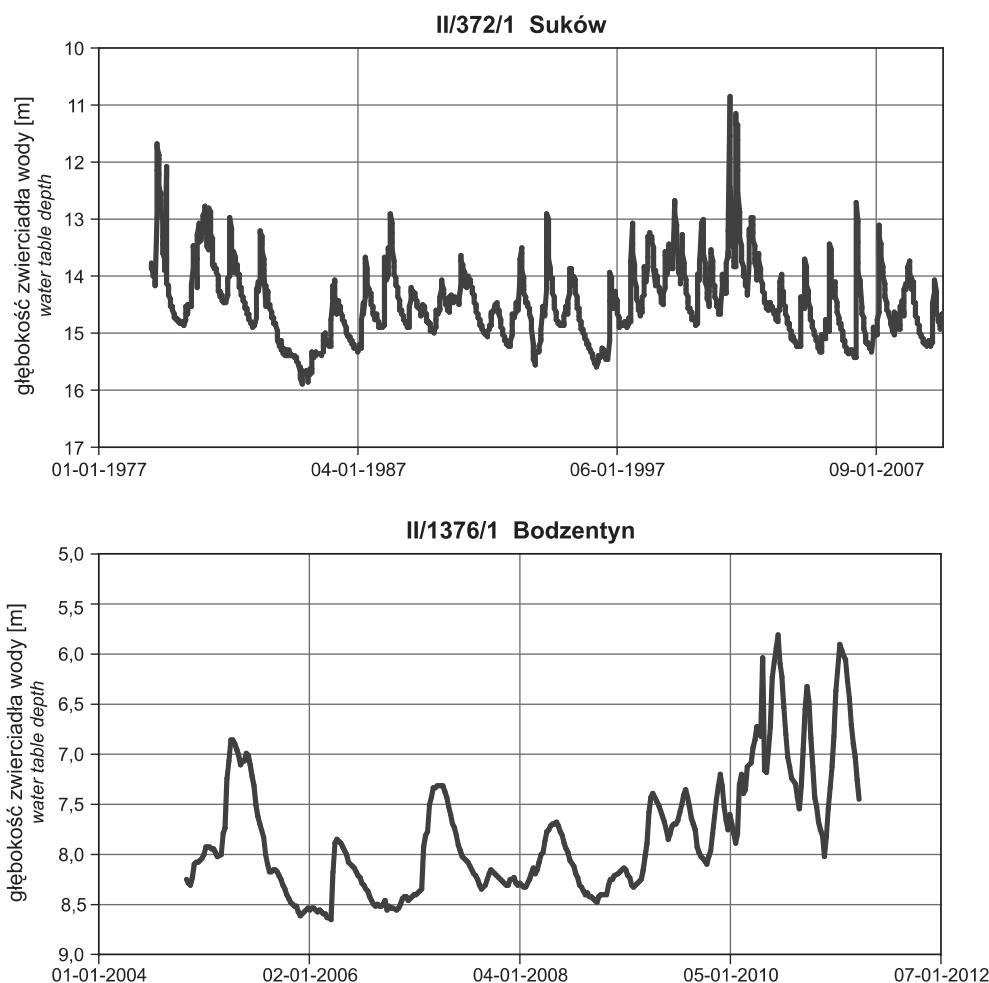


Fig. 45. Zmiany poziomu zwierciadła wody w środkowo- i górnodewońskich zbiornikach wód podziemnych Gór Świętokrzyskich

UWAGI W SPRAWIE METODYKI USTALANIA ZASOBÓW WÓD PODZIEMNYCH

Zbiorniki środkowo- i górnodońskie Gór Świętokrzyskich zajmują szczególną pozycję w obszarach bilansowych RZGW. Wraz ze swymi obszarami zasilania stanowią w nich odrębne podobszary bilansowe, ograniczone barierami hydrodynamicznymi (działy wodne, utwory półprzepuszczalne lub/i nieprzepuszczalne). Ich zasoby dyspozycyjne powinny być zawsze wydzielone indywidualnie w ramach ustalonych zasobów dyspozycyjnych obszaru bilansowego. W przypadku niektórych zbiorników o skomplikowanej budowie geologicznej, samodzielne obszary bilansowe z przydzielonymi im zasobami dyspozycyjnymi należałoby wydzielić także dla ich poszczególnych części, które znajdują się w odrębnych, niemających ze sobą dobrego kontaktu hydraulicznego strukturach wodonośnych. Przykładem mogą być południowe i północne części zbiorników Miedziana Góra (fig. 15, 16) i Kielce (fig. 17, 18) oraz synklinalne struktury wodonośne w zbiornikach: Wola Kopcowa (fig. 22, 23), Górnio (fig. 24, 25), Łągów (fig. 26, 27) i Włostów (fig. 28, 29). Głównym kryterium przy ustalaniu zasobów dyspozycyjnych powinna być ochrona przepływów nienaruszalnych wód powierzchniowych. Ich niskie stany na obszarze źródłiskowym, a takim są Góry Świętokrzyskie, są limitowane przez odpływ podziemny (Prażak, 2001). Wymagające ochrony ekosystemy zależne od wód podziemnych spotyka się tu sporadycznie. Największym jest rezerwat bagienny Białe Ługi we wschodniej części zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków (fig. 30).

Podstawową metodą ustalania zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych rejonów wodnogospodarczych jest bilans wodny, uwzględniający z jednej strony zasilanie wód podziemnych przez infiltrację efektywną opadów atmosferycznych, w szczególnych przypadkach infiltrację wód powierzchniowych i dopływy boczne, a z drugiej odpływ podziemny do rzek i cieków wraz z drenażem ewapotranspiracyjnym oraz rejestrowany i nierejestrowany pobór wody, a jeśli to ma miejsce także odwodnienie wyrobisk górniczych. Ocena zasobów wód podziemnych powinna być przeprowadzona przy pomocy najbardziej przydatnej w tym celu metody modelowania matematycznego. Modele sporządzono dotychczas tylko dla obszarów obejmujących zbiorniki Włostów (Witczak, 1996; Meszczyński i in., 2001; Staśko i in., 2007) i Gałęzice–Bolechowice–Borków (Prażak i in., 2005). Wykonano ponadto obliczenia analityczne przepływu dla ustalenia zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych rejonu eksploatacji Kielce, w którym znajdują się zbiorniki Miedziana Góra i Kielce (Prażak, 1994a). Dla części obejmującej obszar zasilania GZWP 417 Kielce model matematyczny sporządzono dopiero w 2003 r. (Porwiesz i in., 2003; Szklarzyk, 2011).

Zasoby eksploatacyjne. Praktyka dokumentowania zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych środkowo- i górnodońskich zbiorników wodonośnych wykazała, że stosunkowo często są one zawyżane. Przyczyny takiego stanu są różne, lecz najczęściej wynikają z niewłaściwie zastosowanej metodyki badań hydrogeologicznych przyjętej dla

ustalania zasobów wód podziemnych w skomplikowanych i często niewielkich strukturach geologicznych.

Podstawową i stosowaną do chwili obecnej metodą ustalania zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych ujęć jest próbne pompowanie indywidualne lub/i zespołowe studni na trzech stopniach dynamicznych, trwające zazwyczaj nie dłużej niż jeden tydzień. Wydajności studzien uzyskane przy trzecim stopniu dynamicznym były i są przyjmowane jako ich wydajność eksploatacyjna. Sumaryczna ilość ustalonych w dokumentacjach ujęć zasobów eksploatacyjnych w poszczególnych zbiornikach lub ich częściach była obliczana dopiero na etapie dokumentowania zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych danego rejonu lub zbiornika. W przypadku zbiornika Kielce okazało się, że przekracza ona już nie tylko zasoby dyspozycyjne, lecz także i zasoby odnawialne obszaru bilansowego (Prażak, 1994a). Pomimo wykazania tego faktu w dokumentacji hydrogeologicznej, nie wprowadzono dotychczas odpowiedniej korekty zasobów eksploatacyjnych wskazanych ujęć. Pobór wody jest jednak z reguły znacznie mniejszy od ustalonych zasobów eksploatacyjnych i nie przekracza dotychczas ustalonych, bądź oszacowanych zasobów dyspozycyjnych zbiorników (Prażak, 1994a; Bednarz, 1996; Szczerbicka i in., 2001). Niemniej spotykane są często przypadki, że wydatki jednostkowe studzien zmniejszają się w trakcie ich eksploatacji. Przykładem jest ujęcie składające się z dwóch studzien, z małej struktury wodonośnej w Zamkowej Woli, będącej częścią zbiornika Łągów. W latach 1972–1995 było ono eksploatowane z wydajnością około 28–29 m³/h. W tym czasie statyczne zwierciadło wody obniżyło się o 15 m. Spowodowało to, że ustalone tam w 1972 r. zasoby eksploatacyjne w ilości 228 m³/h zostały zmniejszone do 94,5 m³/h. Bezpośrednią przyczyną pomyłki były bardzo dobre parametry hydrogeologiczne wapieni i dolomitów, sprzyjające dużym dopływom wody do studni, przy jednocześnie małym obszarze zasilania, nie gwarantującym odnawialności zasobów.

Korekta zasobów, lecz już na znacznie większą skalę, była potrzebna przy ustalaniu zasobów opisanego wcześniej ujęcia Kielce–Białogon, ujmującego wodę ze zbiornika Kielce. W latach 1955–1971 jego zasoby eksploatacyjne udokumentowano w ilości 3600 m³/h (Błach, 1968, 1971). Nie były one jednak potwierdzone pompowaniem zespołowym ani szczegółowym bilansem wodnym rejonu, uwzględniającym potrzebę zachowania przepływów nienaruszalnych rzek. Wynikało to między innymi także z bardzo wysokich, dochodzących do 360 m³/h, wydajności otworów studziennych oraz panującego wówczas poglądu o możliwości ich zasilania drogami dalekiego krążenia, które utożsamiano z licznymi w tym rejonie uskokiemi geologicznymi. Maksymalny pobór wody z ujęcia wynosił około 1500 m³/h i nigdy nie doszło do bezpośredniego sprawdzenia możliwości tak dużego dopływu wody do studni przy prognozowanych wówczas depresjach eksploatacyjnych. Zasoby eksploatacyjne ujęcia zostały jednak ograniczone w 1995 r. do 1400 m³/h, a następnie w 2003 r. do 1040 m³/h, ze względu na zagrożenie jakości wody produk-

tami naftowymi (ograniczenie depresji eksploatacyjnych w studniach) i ochroną przepływów nienaruszalnych rzeki Bobrzy (Prażak, 1994a; Porwisz i in., 2003).

Próbne pompowania w warunkach ruchu nieustalonego nie były prowadzone ze względu na dodatkowe koszty wynikające z konieczności wykonania w rejonie studzien odpowiednio zaprojektowanych piezometrów. Dotychczas zaprojektowano i wykonano je (w latach 1986–1995) dla udokumentowania zasobów eksploatacyjnych ujęć komunalnych

Kielc w Sukowie i Marzyszu (Maszońska, 1995; Rzonca, 2001a). Uzyskane wyniki pozwoliły na identyfikację granic hydrodynamicznych w obszarze oddziaływania pompowania, ustalenie wiarygodnych depresji eksploatacyjnych poszczególnych studzien oraz obliczenie odsączalności wapieni i dolomitów dewonu środkowego. Modelowaniem matematycznym dla ustalenia zasobów eksploatacyjnych wód podziemnych posłużono się natomiast przy korekcie zasobów ujęcia komunalnego Kielce-Białogon (Porwisz i in., 2003).

UWAGI W SPRAWIE METODYKI OBLICZEŃ ZAWODNIENIA WYROBISK GÓRNICZYCH

Na etapie sporządzania dokumentacji geologicznych złóż kopalni prognozowane dopływy wód podziemnych do wyrobisk górniczych były liczone z wykorzystaniem klasycznych wzorów na dopływ do wielkiej studni lub do rowu. Metoda ta pomimo swoich ograniczeń jest stosowana do dzisiaj. Modelowanie, najpierw analogowe (metoda Łukianowa, elektrooporowa AP1200), a później matematyczne, zastosowano tylko dla wyrobisk kopalń zlokalizowanych w zbiorniku Gałęzice–Bolechowice–Borków. Wykonywano je w celu zbadania wpływu odwodnień na zasoby eksploatacyjne okolicznych ujęć wód podziemnych oraz oceny ewentualnych możliwości odwodnienia wyrobisk górniczych barierami

studzien wierconych i wykorzystania wód kopalnianych (Kleczkowski i in., 1978; Szczepański, 1982; Szczepański, 1984; Herman i in., 1991; Prażak i in., 2005). Obecnie, ze względu na wzajemne oddziaływanie odwodnień wyrobisk i ujęć wód podziemnych, jedyną stosowaną w tym rejonie metodą obliczeń dopływu wód do wyrobisk jest modelowanie matematyczne. Powinno się je także stosować w przypadku kopalń na terenie pozostałych zbiorników. Najlepiej, gdyby w tym celu były wykorzystywane modele matematyczne sporządzane na potrzeby obliczeń zasobów dyspozycyjnych regionów wodnogospodarczych lub/i samych środkowo- i górnodewońskich zbiorników wód podziemnych.

PODSUMOWANIE

Zbiorniki środkowo- i górnodewońskie wód podziemnych w Górach Świętokrzyskich są podstawowym źródłem zaopatrzenia miejscowej ludności, rolnictwa i przemysłu w wodę. Największym jej użytkownikiem są dwustutysięczne Kielce położone w zachodniej części świętokrzyskiego paleozoiku. W skomplikowanych warunkach geologicznych i hydrogeologicznych autor wydzielił w nim i uporządkował nazewnictwo dwunastu zbiorników wraz z ich obszarami zasilania (obszarami bilansowymi), w nawiązaniu do wcześniejszych wydzieleni innych autorów. Są one zgrupowane w trzech regionalnych strukturach geologicznych paleozoiku świętokrzyskiego o rozciągłości WNW–ESE:

- w synklinie bodzentyńskiej (część północna) zbiorniki Bodzentyń i Włochy;
- w synklinorium kielecko-łagowskim (część środkowa) zbiorniki Miedziana Góra, Kielce, Wola Kopcowa, Górno, Łągów i Włostów;
- w antyklinorium klimontowskim (część południowa) zbiorniki Gałęzice–Bolechowice–Borków, Daleszyce, Miedzianka–Chęciny i Radomice.

Ze względu na strategiczne znaczenie dla zaopatrzenia ludności w wodę cztery z nich zostały zakwalifikowane do grupy głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP), wymagających szczególnej ochrony: 419 Bodzentyń, 421 Włostów, 417 Kielce i 418 Gałęzice–Bolechowice–Borków (fig. 10).

Obszary zasilania poszczególnych zbiorników obejmują półprzepuszczalne i nieprzepuszczalne utwory paleozoiczne położone w granicach ich zlewni podziemnych, a w niektórych przypadkach, także i przylegające do nich wodonośne utwory permsko-mezozoiczne. Oszacowane przez autora ich łączne zasoby dyspozycyjne wynoszą 8467 m³/h. Obecny pobór wody kształtuje się w ilości około 2437 m³/h, a rezerwę zasobową ocenia się na 3045 m³/h. Jest ona rozłożona bardzo nierównomiernie i nie zawsze może być wykorzystana przez duże ujęcia wód podziemnych. Znaczna jej część nadaje się do zagospodarowania wyłącznie przez mniejsze i rozproszone ujęcia o wydajności od 20 do 50 m³/h.

Zasoby dyspozycyjne niektórych zbiorników, a w szczególności zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków uwarunkowane są wielkością czasowych odwodnień wyrobisk odkrywkowych kopalń dewońskich wapieni i dolomitów. Woda z odwodnień jest obecnie odprowadzana do rzek w ilości 3182 m³/h. W zależności od lokalnych deficytów jej część może być wykorzystana na potrzeby ludności, rolnictwa i przemysłu. Po zakończeniu wydobywania kopalni, planowana jest rekultywacja wodna wyrobisk pokopalnianych i zdegradowane czasowe zasoby wód podziemnych zostaną ponownie odbudowane.

Jakość wód poziomu środkowo- i górnodewońskiego jest dobra i mogą one być używane do spożycia przez ludzi w stanie surowym lub po prostym uzdatnieniu przez

wyeliminowanie podwyższonych w niewielkim stopniu zawartości żelaza lub manganu. Jest ona jednak zagrożona, ponieważ naturalna odporność omawianych zbiorników na zanieczyszczenie jest z reguły mała, a na licznych wychodniach warstw wodonośnych na powierzchni terenu są one wręcz pozbawione jakiegokolwiek izolacji. Sprawia to, że zagrożenie zanieczyszczeniem jest często duże lub bardzo duże, szczególnie na terenach miejskich Kielc i okolic, gdzie występuje duża liczba rzeczywistych i potencjalnych ognisk zanieczyszczeń. Pomimo wielu zagrożeń woda największego w obszarze ujęcia komunalnego Kielce-Białogon jest jednak nadal dostarczana do użytkowników w mieście w stanie surowym, bez jakiegokolwiek uzdatniania, co świadczy o skuteczności podejmowanych działań dla ochrony ujęcia i likwidacji stwierdzonych w strefie spływu wód ognisk zanieczyszczeń.

Podstawą prewencyjnych działań ochronnych wód podziemnych powinny być zawarte w planach gospodarowania wodami dorzecza Górnej Wisły oraz w wojewódzkich i gminnych planach zagospodarowania przestrzennego odpowiednie zakazy, nakazy i zalecenia ustalone dla obszarów ochronnych poszczególnych zbiorników i stref ochrony pośredniej ujęć. Niemniej jednak niezbędna jest bieżąca kontrola ich stanu chemicznego i ilościowego w ramach monitoringu wód podziemnych. Obecnie jest on prowadzony tylko w sieci krajowej i w sieciach lokalnych wokół ognisk zanieczyszczeń, wokół ujęcia Kielce-Białogon i odwadnianych kopalń. Istotnym brakiem w dostarczaniu informacji o tendencjach zmian składu chemicznego wód podziemnych jest przerwanie przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Kielcach w 2006 r. ciągłości prowadzonego od 1992 r. monitoringu regionalnego w województwie kieleckim.

LITERATURA

- BEDNARZ L., 1996 — Dokumentacja hydrogeologiczna głównego zbiornika wód podziemnych GZWP 419 Bodzentyn. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- BELCARZ L., KOWALIK A., LIS S., MUCHOWSKI J., 1970 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych powiatów Opatów i Sandomierz. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- BELKA Z., VALVERDE-VAQUERO P., AHRENDT H., WEMMER K., FRANKE W., SCHAFFER J., 2002 — Accreditation of first Gondwana-derived terranes at the margin of Baltica. *W: Paleozoic of Central Europe* (red. T.C. Pharaoh, J. Verner). *Geol. Soc. London, Sp. Publ.*, **201**: 19–36.
- BERTHELSEN A., 1992 — From Precambrian to Variscan Europe. *W: A continent revealed: the Europe-geotraverse* (red. D. Bundell, R. Freeman, S. Muller): 153–164. Cambridge University Press.
- BŁACH B., 1968 — Dokumentacja hydrogeologiczna w kat. B ujęcia wód podziemnych z utworów środkowego dewonu w rejonie doliny białogońskiej w Kielcach. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- BŁACH B., 1971 — Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej w kat. B ujęcia wód podziemnych z utworów środkowego dewonu w rejonie doliny białogońskiej w Kielcach. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- BŁASZYK T., GÓRSKI J., KLECKOWSKI A.S., WITCZAK S., 1990 — Koncepcja ochrony zbiorników wód podziemnych w Polsce. Arch. IHGI AGH, Kraków.
- CHMIELEWSKA T., 1984a — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Mielec. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CHMIELEWSKA T., 1984b — Objasnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000, ark. Mielec. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CICHECKA K. i in., 1997a — Aktualizacja dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych zachodniej części województwa tarnobrzeskiego. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- CICHECKA K., 1997b — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Zawichost (0856). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- CICHECKA K., 2000 — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Sandomierz (0855). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- CZARNOCKI J., 1919 — Stratygrafia i tektonika Gór Świętokrzyskich. *Pr. Tow. Nauk. Warsz.*, **28**: 1–172.
- CZARNOCKI J., 1938 — Carte géologique générale de la Pologne, feuille 4. Kielce. Edition du Service Géologique de Pologne, scale 1:100 000.
- DADLEZ R., KOWALCZEWSKI Z., ZNOSKO J., 1994 — Some key-problems of the pre-Permian tectonics of Poland. *Geol. Quart.*, **38**: 169–190.
- DOWGIAŁŁO J., KLECKOWSKI A.S., MACIOSZCZYK T., RÓŻKOWSKI A. (red.), 2002 — Słownik hydrogeologiczny. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- FILONOWICZ P., 1980a — Mapa geologiczna Polski 1:200 000, ark. Kielce; wyd. A, mapa utworów powierzchniowych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- FILONOWICZ P., 1980b — Mapa geologiczna Polski 1:200 000, ark. Kielce; wyd. B, bez utworów czwartorzędowych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GIEŁŻECKA D., KOWALIK J., NICPOŃ W., 1995 — Kompleksowa analiza ognisk i rodzaju zanieczyszczeń wód powierzchniowych i podziemnych w zlewni Nidy. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- GINALSKA-PROKOP W., z zespołem, 1990 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych województwa kieleckiego. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- GÓRKA J., KAŁUS D., SZKLARCZYK T., 2011 — Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanowieniem obszarów ochronnych głównego zbiornika wód podziemnych nr 418 Gałęzice–Bolechowice–Borków. Arch. Krak. Przeds. Geol. ProGeo, Kraków.
- GZYL G., ŁUSZCZ M., RZONCA B., 2001a — Charakter wypełnień form krasowych w kamieniołomach „Trzuskawica i Kadzielnia” w rejonie Kielc. Współczesne problemy hydrogeologii. Wrocław, **10**, 2: 487–492.
- GZYL G., ŁUSZCZ M., RZONCA B., 2001b — Wpływ wypełnionych form krasowych na parametry filtracyjne dewońskich skał węglanowych w rejonie Kielc (Góry Świętokrzyskie) – wyniki wstępne. Współczesne problemy hydrogeologii. Wrocław, **10**, 1: 19–24.
- HERBICH P., DĄBROWSKI S., NOWAKOWSKI C., 2007 — Wydzielenie rejonów wodnogospodarczych dla potrzeb zintegrowanego zarządzania zasobami wód podziemnych i powierzchniowych kraju. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

- HERBIH P., KAPUŚCIŃSKI J., NOWICKI K., PRAŻAK J., SKRZYPCZYK L., 2009 — Metodyka wyznaczenia obszarów ochronnych głównych zbiorników wód podziemnych dla potrzeb planowania i gospodarowania wodami w obszarach dorzeczy. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- HERMAN G., 1997a — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Chęciny (0850). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- HERMAN G., 1997b — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Morawica (0851). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- HERMAN G., 1997c — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Daleszyce (0852). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- HERMAN G., KACZOROWSKI Z., MALICKI W., PRAŻAK J., SZCZEPAŃSKI A., 1991 — Modelowa analiza wpływu odwodnień złóż surowców skalnych w Białym Zagłębiu na regionalne stosunki wodne. Współczesne problemy hydrogeologii, 5: 122–126. SGGW-AR, Warszawa-Jachranka.
- INSTRUKCJA opracowania i komputerowej edycji Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000. Część I. Opracowanie autorskie. 1999 – Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- JAWOROWSKI K., SIKORSKA M., 2004 — Związek jednostki lysogórskiej z kratonem wschodnioeuropejskim na tle badań sedimentologiczno-petrograficznych osadów kambru. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, 61: 13–15.
- KLECZKOWSKI A.S. 1979 — Hydrogeologia ziem wokół Polski. Wyd. Geol., Warszawa.
- KLECZKOWSKI A.S., 1988 — Regionalizacja słodkich wód podziemnych Polski w zmodyfikowanym ujęciu. Materiały IV Ogólnopolskiego Sympozjum Aktualne Problemy Hydrogeologii. Wydawnictwa Instytutu Morskiego. Gdańsk.
- KLECZKOWSKI A.S. (red.), 1990a — Mapa głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000. AGH, Kraków.
- KLECZKOWSKI A.S. (red.), 1990b — Objasnienia do Mapy głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony. AGH, Kraków.
- KLECZKOWSKI A.S., ADAMCZYK A., HAŁADUS A., 1994 — Koncepcja ochrony zbiornika (GZWP 417) zawierająca wskazania co do form jego ochrony wraz z wyszczególnieniem zakresu zakazów, nakazów i sposobów użytkowania terenu na obszarze wydzielonych stref ochrony zbiornika. Arch. Wydz. Geol., Geof. Ochr. Środ. AGH, Kraków.
- KLECZKOWSKI A.S., SZCZEPAŃSKA J., SZCZEPAŃSKI A., 1978 — Studium wpływu eksploatacji górniczej prowadzonej na obszarze synkliny gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej na stosunki wodne oraz zasięg szkodliwości oddziaływania do 1980 i 1990 r. Arch. IHGI AGH, Kraków.
- KNEZ J., 2007 — Ocena migracji benzenu w wodach podziemnych na podstawie badań modelowych w wybranym obszarze zbiornika GZWP 417 Kielce. Niepubl. praca doktorska. Biblioteka Główna AGH, Kraków.
- KOLAGO C., 1970 — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:1 000 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- KONDRACKI J., 2001 — Geografia regionalna Polski. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- KONON A., 2006 — Młodopaleozoiczna ewolucja strukturalna Gór Świętokrzyskich. *W: Procesy i zdarzenia w historii geologicznej Gór Świętokrzyskich* (red. S. Skompski, A. Żylińska). 77 Zjazd naukowy Pol. Tow. Geol.: 82–104. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KOS M., 1997a — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Staszów (0886). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa. Oddz. Świętokrz., Kielce.
- KOS M., 1997b — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Klimontów (0887). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz. Kielce.
- KOWALCZEWSKI Z., 1963 — Transwersalne założenia w budowie cokołu paleozoicznego antyklinorium świętokrzyskiego. *Kwart. Geol.*, 7: 571–584.
- KOWALCZEWSKI Z., 1971 — Główne rysy tektoniki Gór Świętokrzyskich. Przewodnik 43 Zjazdu PTG: 10–9. Wyd. Geol., Warszawa.
- KOWALCZEWSKI Z., 1981 — Węzłowe problemy tektoniki trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, 29: 334–340.
- KOWALCZEWSKI Z., 1990 — Grubookruchowe skały kambru na środkowym południu Polski (litostratygrafia, tektonika, paleogeografia). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 131: 5–82.
- KOWALCZEWSKI Z., RUBINOWSKI Z., 1962 — Główne elementy tektoniczne paleozoiku antyklinorium świętokrzyskiego. *Prz. Geol.*, 10: 451–456.
- KOWALCZEWSKI Z., RUP M., 1989 — Cechsztyń w Górach Świętokrzyskich. *Biul. Inst. Geol.*, 362: 5–39.
- KOWALCZEWSKI Z., ŻYLIŃSKA A., SZCZEPANIK Z., 2006 — Kambr w Górach Świętokrzyskich. *W: Procesy i zdarzenia w historii geologicznej Gór Świętokrzyskich* (red. S. Skompski, A. Żylińska). 77 Zjazd naukowy Pol. Tow. Geol.: 14–27. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KOWALSKI B.J., 1995 — Przejawy młodej aktywności tektonicznej w dolinie kielecko-łagowskiej w Górach Świętokrzyskich i jej wpływ na układ sieci wodnej. *Prz. Geol.*, 4: 307–316.
- KOWALSKI B.J., 2000a — Rzeźba. *W: Świętokrzyski Park Narodowy. Przyroda, gospodarka, kultura* (red. S. Cieśliński, A. Kowalkowski): 107–128. Wyd. ŚPN, Bodzentyn-Kraków.
- KOWALSKI B.J., 2000b — Morfogeneza i warunki rozwoju rzeźby paleozoicznego trzonu Gór Świętokrzyskich w neogenie. *W: Geomorfologia gór i wyżyn w Polsce – kontrowersje i nowe spojrzenia*. Wyd. Inst. Geogr. WSP, Kielce.
- KOWALSKI B.J., 2001 — Geneza układu sieci rzecznej w Górach Świętokrzyskich. *W: Wpływ użytkowania terenu i antropogenicznych przekształceń środowiska przyrodniczego na elementy obiegu wody w zlewni rzecznej*. Przewodnik sesji terenowej Kielce–Wólka Milanowska: 154–158.
- KULETA M., KOWALCZEWSKI Z., ZBROJA S., ROMANEK M., LENARTOWICZ L., FIAŁKOWSKA A., 1995 — Analiza strukturalna i paleogeograficzna permu i triasu w Górach Świętokrzyskich. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- KULETA M., NAWROCKI J., 2002 — Litostratygrafia i magnetostratygrafia w północnym obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, 58: 109–111.
- KULETA M., ZBROJA S., 2006 — Wczesny etap pokrywy permsko-mezozoicznej w Górach Świętokrzyskich. *W: Procesy i zdarzenia w historii geologicznej Gór Świętokrzyskich* (red. S. Skompski, A. Żylińska). 77 Zjazd naukowy Pol. Tow. Geol.: 105–125. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KURDZIEL J., MYSZKA J., WASIŁOWSKA M., 1970 — Dokumentacja zasobów wód podziemnych w utworach czwartorzędowych, jurajskich, triasowych, permskich, karbońskich, dewońskich, sylurskich, ordowickich i kambryjskich regionu Gór Świętokrzyskich. Arch. Przeds. Hydrogeol., Kraków.

- LAMARCHE J., LEWANDOWSKI M., MANSY J.L., SZULCZEWSKI M., 2003 — Partitioning pre-, syn- and post-Variscan deformation in the Holy Cross Mts., eastern Variscan foreland. *W: Tracing tectonic deformation using the sedimentary record* (red. T. McCann, A. Saintot). *Geol. Soc. London. Sp. Publ.*, **208**: 159–184.
- MALEC J., 2006 — Sylur w Górach Świętokrzyskich. *W: Procesy i zdarzenia w historii geologicznej Gór Świętokrzyskich* (red. S. Skompski, A. Żylińska). *77 Zjazd naukowy Pol. Tow. Geol.*: 36–50. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MALINOWSKI J. red., 1991 — Budowa geologiczna Polski, t. 7 Hydrogeologia. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MALINOWSKI M., ŻELAŻNIEWICZ A., GRAD M., GUTERCH A., JANIK T., 2005 — Seismic and geological structure of the crust in the transition from Baltica to Paleozoic Europe in SE Poland – CELEBRATION 2000 experiment, profile CEL02. *Tectonophysics*, **401**: 55–77.
- MARKIEWICZ D., 1984a — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Sandomierz. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MARKIEWICZ D., 1984b — Objasnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000, ark. Sandomierz. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MASTELLA L., MIZERSKI W., 2002 — Budowa geologiczna jednostki łysogórskiej (Góry Świętokrzyskie) na podstawie zdjęć radarowych. *Prz. Geol.*, **50**: 767–772.
- MASZOŃSKA D., 1995 — Dokumentacja hydrogeologiczna w kategorii B ujęcia wody podziemnej z utworów dewonu środkowego w Marzyszu i Sukowie. *Arch. Przeds. Geol.*, Kielce.
- MASZOŃSKI E., 1961 — Szczegółowa mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Kielce. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- MASZOŃSKI E., 1962 — Przeglądowa mapa hydrogeologiczna Polski 1:300 000, wyd. A, ark. Kielce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKI E., 1975 — Zmiany reżimu wód podziemnych doliny białogońskiej i rejonu Zagnańska (sprawozdanie wstępne). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- MASZOŃSKI E., 1980 — Zmiany reżimu wód podziemnych w rejonach intensywnej eksploatacji: a) w rejonie Zagnańska, b) w dolinie białogońskiej, c) w Białym Zagłębiu. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- MASZOŃSKI E., 1983a — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Kielce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKI E., 1983b — Objasnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000, ark. Kielce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKI E., ŻAK C., 1968 — Regionalna dokumentacja hydrogeologiczna synkliny gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej w Górach Świętokrzyskich. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- MESZCZYŃSKI J., SZCZERBICKA M., WILGAT J., 2001 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Koprzywianki i Opatówki. *Arch. Przeds. Geol. „Polgeol” S.A.*, Lublin.
- MIGASZEWSKI Z., 1995 — Występowanie skał piroklastycznych w utworach karbonu dolnego Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, **43**: 7–10.
- MIZERSKI W., 1995 — Geotectonic evolution of the Holy Cross Mts. in central Europe. *Biul. Inst. Geol.*, **372**: 5–47.
- MIZERSKI W., 2004 — Holy Cross Mountains in the Caledonian, Variscan and Alpine cycles – major problems, open questions. *Prz. Geol.*, **52**, 8/2: 774–779.
- MIZERSKI W., ORŁOWSKI S., 1993 — Main transversal faults and their importance for the tectonic of the Klimontów Anticlinorium (Holy Cross Mts.). *Geol. Quart.*, **37**: 19–40.
- MOCHOŃ A., 1983a — Chemizm wód gruntowych w obszarach silnej antropopresji na przykładzie okolic cementowni Nowiny w Górach Świętokrzyskich. *Współczesne problemy hydrogeologii* 6: 271–275. Wrocław.
- MOCHOŃ A., 1983b — Problem rejonizacji hydrogeologicznej – na przykładzie północnej części Gór Świętokrzyskich. *Zjazd Pol. Tow. Geogr.*, **42**: 87–89, Kielce.
- MOCHOŃ A., 1985a — Wstępna charakterystyka geologiczna i hydrochemiczna niecki bodzentyńskiej w Górach Świętokrzyskich. *Kieleckie Stud. Geogr.*, **3**: 121–140.
- MOCHOŃ A., 1985b — Zawodnienie utworów dewonu i triasu w północnej części Gór Świętokrzyskich. *Aktualne problemy hydrogeologii. Materiały III Ogólnopolskiego Sympozjum Kraków-Karniowice*: 75–83. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- MOCHOŃ A., 1986 — Wstępna charakterystyka rytmiki wahań zwierciadła wód podziemnych w zachodniej i centralnej części niecki bodzentyńskiej (Góry Świętokrzyskie). *Sesja naukowa „Rozwój regionalnych badań hydrogeologicznych w Polsce”*: 265–276. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- MOCHOŃ A., 1988a — Zanieczyszczenie wód podziemnych północnej części Gór Świętokrzyskich. *IV Ogólnopolskie Sympozjum „Aktualne problemy hydrogeologii”, cz. II, Hydrogeochemia i zanieczyszczenia wód podziemnych*: 128–130. Wyd. Inst. Mor., Gdańsk.
- MOCHOŃ A., 1988b — Źródła jako podstawa charakterystyki hydrogeologicznej wschodniej części Pasma Klonowskiego (Góry Świętokrzyskie). *Kwart. Geol.*, **32**, 2: 443–456.
- MOCHOŃ A., 1988c — Dynamika zmian stanów wód podziemnych synkliny bodzentyńskiej (Góry Świętokrzyskie). *Kieleckie Stud. Geogr.*, **4**: 175–194.
- MOCHOŃ A., 1988d — Hydrogeologia niecki bodzentyńskiej w Górach Świętokrzyskich. *Niepubl. Praca doktorska. Arch. Wydz. Geol. UW*, Warszawa.
- MOCHOŃ A., 1990a — Estimation methods of groundwater resources in the Holy Cross Mts. (Middle Poland). *Int. Conf. On Water Resources in Mountainous Regions, Abstracts, Symp.*: 5–8. Lausanne.
- MOCHOŃ A., 1990b — Estimation methods of groundwater resources in the Holy Cross Mts. (Middle Poland). *Memories of the 22nd Congress of IAH*, **22**: 136–141. Lausanne.
- MOCHOŃ A., 1990c — Pollution of groundwater in the northern part of the Holy Cross Mts. (Middle Poland). *Int. Conf. on Water Resources in Mountainous Regions, Abstracts, Symp.*: 5–8. Lausanne.
- MOCHOŃ A., 1990d — Pollution of groundwater in the northern part of the Holy Cross Mts. (Middle Poland). *Memories of the 22nd Congress of IAH*, **22**: 1130–1135. Lausanne.
- MOCHOŃ A., 1991 — Metody określania regionalnych zasobów dynamicznych wód podziemnych w obszarach górskich na przykładzie bodzentyńskiego zbiornika wód podziemnych w Górach Świętokrzyskich. *Współczesne problemy hydrogeologii*, **5**: 259–263. SGGW-AR, Warszawa-Jachranka.
- MOCHOŃ A., 1992a — Chemizm wód powierzchniowych jako ważne źródło informacji o chemizmie wód gruntowych na przykładzie Psarki i Świśliny w Górach Świętokrzyskich. *Materiały I Sesji Hydrograficznej „Wybrane zagadnienia gospodarki wodnej w systemie zlewni województwa kieleckiego”*: 125–136. Wyd. Kiel. Tow. Nauk, Kielce.

- MOCHOŃ A., 1992b — Głębokość drenażu wód podziemnych w skałach węglanowych dewonu Gór Świętokrzyskich. Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski: 87–96. Wrocław.
- MOCHOŃ A., 1992c — Groundwater pollution in the Góry Świętokrzyskie Mountains of Poland. 27 International Congress. Abstracts, Washington: 425.
- MOCHOŃ A., 1992d — Hydrogeologia niecki bodzentyńskiej. Materiały I Sesji Hydrograficznej „Wybrane zagadnienia gospodarki wodnej w systemie zlewni województwa kieleckiego”: 93–112. Wyd. Kiel. Tow. Nauk, Kielce.
- MOCHOŃ A., 1992e — O niektórych aspektach zanieczyszczenia wód gruntowych w obszarach rolniczych na przykładzie północnej części Gór Świętokrzyskich. Materiały I Sesji Hydrograficznej „Wybrane zagadnienia gospodarki wodnej w systemie zlewni województwa kieleckiego”: 113–124. Wyd. Kiel. Tow. Nauk, Kielce.
- MOCHOŃ A., 1993 — Wpływ czynników naturalnych i antropogenicznych na chemizm wód gruntowych na przykładzie Łysogór i okolic Nowin w Górach Świętokrzyskich. 42 Zjazd Pol. Tow. Geogr.: 90–91. Kielce.
- MOTYKA J., PRAŻAK J., 1999 — Chemizm wód szczelinowo-krasowych w strefie aeracji na przykładzie jaskini Chelosiowa Jama. 9 Ogólnopolskie sympozjum „Współczesne problemy hydrogeologii” Warszawa–Kielce. Przewodnik wycieczek hydrogeologicznych: 8–10. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MOTYKA J., PRAŻAK J., ZAPAŁA Z., 1993 — Strefowość zjawisk krasowych w kamieniołomie „Truskawica” i w jego otoczeniu (Góry Świętokrzyskie, rejon kielecki). *Kras i speleologia* 7 (XVI). *Pr. Nauk. UŚ*, **1334**: 64–78.
- NAJGRAKOWSKI M. (red.), 1993 — Atlas Rzeczypospolitej Polskiej. Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- NARKIEWICZ K., MALEC J., 2005 — Nowa baza danych konodontowego wskaźnika przeobrażeń termicznych (CAI). *Prz. Geol.*, **53**: 33–37.
- NARKIEWICZ M., RACKI G., SKOMPSKI S., SZULCZEWSKI M., 2006 — Zapis procesów i zdarzeń w dewonie i karbonie Gór Świętokrzyskich. *W: Procesy i zdarzenia w historii geologicznej Gór Świętokrzyskich* (red. S. Skompski, A. Żylińska). 77I Zjazd naukowy Pol. Tow. Geol.: 51–77. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- NAWROCKI J., 2006 — Paleogeografia we wczesnym paleozoiku. *W: Procesy i zdarzenia w historii geologicznej Gór Świętokrzyskich* (red. S. Skompski, A. Żylińska). 77 Zjazd naukowy Pol. Tow. Geol.: 9–13. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- NOWICKI Z. (red.), 2009 — Mapa jednolitych części wód podziemnych w Polsce. Raport państwowej służby hydrogeologicznej. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- PACZYŃSKI B. (red.), 1993 — Atlas hydrogeologiczny Polski 1:500 000, cz. I: Systemy zwykłych wód podziemnych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B. (red.), 1995 — Atlas hydrogeologiczny Polski 1:500 000, cz. II: Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1993 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- PEREK M., 1997 — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Tarnobrzeg (0888). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- PORWISZ B. i in. 2003 — Dokumentacja hydrogeologiczna Rejonu Eksploatacji Wód Podziemnych (RE) Kielce – aktualizacja zasobów eksploatacyjnych ujęcia komunalnego w Kielcach-Białogonie. Arch. Przeds. Geol. S.A., Kraków.
- POŻARYSKI W., 1990 — Kaledonidy środkowej Europy – orogenezem przesuwczym złożonym z terranów. *Prz. Geol.*, **38**: 1–9.
- POŻARYSKI W., GROCHOLSKI A., TOMCZYK H., KARKOWSKI P., MORYC W., 1992 — Mapa tektoniczna Polski w epoce warysejskiej. *Prz. Geol.*, **40**: 643–651.
- PRAŻAK J., 1990 — Studium hydrogeologiczne możliwości wykorzystania zasobów wód podziemnych z terenu Białego Zagłębia dla potrzeb aglomeracji Kielc. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- PRAŻAK J., 1994a — Dokumentacja hydrogeologiczna RE Kielce w tym GZWP 417 Kielce. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- PRAŻAK J., 1994b — Warunki korzystania z wód dorzecza na przykładzie zlewni rzeki Kamiennej. *Prz. Geol.*, **42**, 6: 467–460.
- PRAŻAK J., 1994c — Wpływ intensywnej eksploatacji wód podziemnych na stopień ich potencjalnego zagrożenia w południowym skrzydle synkliny kieleckiej. [Niepubl., praca doktorska]. Biblioteka Główna AGH, Kraków.
- PRAŻAK J., 1997a — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Piekoszów (0814). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- PRAŻAK J., 1997b — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Kielce (0815). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- PRAŻAK J., 2000 — Chemizm i jakość wód podziemnych w regionie małopolskim. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- PRAŻAK J., 2001 — Uwagi w sprawie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych. *Prz. Geol.*, **49**, 3: 219.
- PRAŻAK J., 2002 — Antropogeniczne zmiany składu jonowego wód szczelinowo-krasowych poziomu środkowo- i górnodewońskiego w Górach Świętokrzyskich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **404**, *Hydrogeologia* z. IV: 165–175.
- PRAŻAK J., 2007a — Subregion środkowej Wisły wyżynny część centralna. *W: Hydrogeologia regionalna Polski* (red. B. Paczyński, A. Sadurski): 174–187. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PRAŻAK J., 2007b — Tło hydrochemiczne jako standard jakości wód podziemnych zbiornika szczelinowo-krasowego Gałęzice–Bolechowice–Borków w Górach Świętokrzyskich. Sympozjum Współczesne problemy hydrogeologii, **13**, 3: 593–603. Kraków–Krynica.
- PRAŻAK J., HERMAN G., KOWALCZEWSKA G., WRÓBLEWSKA E., 1990 — Kryteria i warunki optymalnej eksploatacji ujęć wód podziemnych w regionie świętokrzyskim. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- PRAŻAK J., JANECKA-STYRCZ K., 2007 — Kielce. *W: Wody podziemne miast wojewódzkich Polski* (red. Z. Nowicki). Informator państwowej służby hydrogeologicznej: 55–70, Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PRAŻAK J., JANECKA-STYRCZ K., KOS M., KOWALCZEWSKA G., MŁYŃCZAK T., WRÓBLEWSKA E., 2005 — Wskazanie możliwości pozyskania dla miasta Kielce wód kopalnianych z obszaru Gałęzice–Borków wraz z określeniem wpływu odwodnień górniczych na zasoby komunalnych ujęć wód podziemnych Kielc na podstawie badań modelowych. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- PRAŻAK J., JANECKA-STYRCZ K., KOWALCZEWSKA G., PACIURA W., 1996 — Raport o jakości zwykłych wód podziemnych województwa kieleckiego na podstawie badań monitoringowych wykonanych w latach 1991–1995. Państw. Insp.

- Ochr. Środ., Kielce, Państw. Inst. Geol. Oddz. Świętokrz., Kielce: 1–176. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce.
- PRAŻAK J., JANECKA-STYRCZ K., PACIURA W., 1998 — Strategia biernej ochrony wód podziemnych w regionie środkowo-małopolskim (świętokrzyskim). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- PRAŻAK J., SZCZEPAŃSKI A., 1991 — Charakterystyka głównych zbiorników wód podziemnych w masywie świętokrzyskim. Sympozjum Współczesne problemy hydrogeologii, **5**: 184–187. Warszawa–Jachranka.
- PRAŻAK J., SZCZEPAŃSKI A., HAŁADUS A., 1994 — Wpływ intensywnej eksploatacji wód podziemnych na wzrost zagrożenia ich jakości (S część GZWP 417 Kielce). *W: Metodyczne podstawy ochrony wód podziemnych* (red. A.S. Kleczkowski): 369–396. AGH, Kraków.
- PRAŻAK J., TASZEK B., 1977 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w kategorii C perspektywicznych rejonów do budowy dużych ujęć w celu zaopatrzenia w wodę miast i osiedli na terenie zlewni rzeki Kamiennej. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- PRAŻAK J., TASZEK B., 1981 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych zachodniej części województwa tarnobrzeskiego wraz z ramowym projektem badań geologicznych do kategorii C rejonów perspektywicznych do budowy dużych ujęć wód podziemnych. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- PRAŻAK J., WITCZAK S., ŻUREK A., 2001 — Problemy związane z oceną zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w zlewniach rzek o przepływie limitowanym przez odpływ podziemny. *Współczesne problemy hydrogeologii*, **10**, 1: 235–243. Wyd. Wind, Wrocław.
- PRAŻAK J., WRZESIŃSKA W., ROBASZEWSKI J., 1993 — Identyfikacja stanu i problemów gospodarki wodnej w jednostce bilansowej Z2 – dorzecze Kamiennej. Arch. RZGW, Warszawa.
- ROGALIŃSKI J., 1972 — Hydrogeologia Łysogór. [Niepubl. praca doktorska]. Biblioteka Wyd. Geol. UW, Warszawa.
- RUBINOWSKI Z., 1974 — Nowe profile cechsztynu w synklinie piekoszowskiej koło Kielc (informacja wstępna). *Kwart. Geol.*, **18**: 447–448.
- RYBKA A., KOŚCIELNIAK S., 1992 — System ochrony wód podziemnych ujęcia komunalnego Kielc w Białogonie. Sprawozdanie nr 1 i 2 z prac sozologicznych w zakresie rozpoznania stanu czystości gruntu i wód podziemnych w rejonie obiektów stwarzających potencjalne zagrożenie dla jakości wód podziemnych. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- RZONCA B., 2001a — Hydrogeologiczne własności węglanowych skał dewońskich w regionie świętokrzyskim. [Niepubl. praca doktorska]. Biblioteka Główna AGH, Kraków.
- RZONCA B., 2001b — Parametry filtracyjne węglanowych skał dewońskich w Górach Świętokrzyskich – interpretacja wyników próbnych pompowań w warunkach ustalonych i nieustalonych. *Współczesne problemy hydrogeologii*, **10**, 1: 257–262. Inst. Nauk Geol. UW, Wrocław.
- RZONCA B., 2005 — Hydrogeologiczne właściwości przestrzeni porowej dewońskich skał węglanowych w Górach Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, **53**, 5: 400–409.
- RZONCA B., 2008 — Carbonate aquifers with hydraulically non-active matrix: A case study from Poland. *J. Hydrogeol.*, **355**: 202–213.
- RZONCA B., BORCZAK S., PRAŻAK J., 2003 — Wstępna ocena własności hydrogeologicznych matrycy dewońskich skał węglanowych (Góry Świętokrzyskie). *Współczesne problemy hydrogeologii*, **11**, 1: 211–214. Politechnika Gdańska, Gdańsk.
- RZONCA B., PRAŻAK J., 2002 — Zmienność parametrów filtracyjnych węglanowych skał dewońskich w Górach Świętokrzyskich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **404**: 233–248.
- SAMSONOWICZ J., 1926 — Uwagi nad tektoniką i paleogeografią wschodniej części masywu paleozoicznego Łysogór. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, **15**: 44–46.
- SIEJKA R., 1990 — Dokumentacja badań geologicznych dla oceny wpływu Zakładu Naftowego CPN Białogon na jakość wód podziemnych w dolinie białogońskiej. Arch. Przeds. Geol., Kielce.
- SŁOTA H., 1994 — Warunki korzystania z wód dorzecza Kamiennej. Arch. PKr., Kraków.
- STAŚKO S., DASZKIEWICZ J., KOŚLACZ R., SZUFLIK A., 2007 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zlewni Czarnej Staszowskiej i Wschodniej. Arch. Inegraded Management Services, Wrocław.
- STUPNICKA E., 1988 — Charakter i geneza dyslokacji świętokrzyskiej. *Prz. Geol.*, **36**: 40–46.
- STUPNICKA E., 1992 — The significance of the Variscan orogeny in the Świętokrzyskie Mountains (Mid-Polish Uplands). *Geologische Rundschau*, **81**: 561–570.
- SZCZEPANIK Z., TRELA W., ŻYLIŃSKA A., SALWA S., 2004 — Nowe kambryjskie i ordowickie jednostki litostratigraficzne w regionie kieleckim Gór Świętokrzyskich. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, **61**: 57–58.
- SZCZEPAŃSKI A., 1982 — Prognoza głębokiej eksploatacji odkrywkowej na warunki wodne południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich. *Roczn. Świętokrz.*, **10**: 23–28.
- SZCZEPAŃSKI A., 1984 — Model hydrogeologiczny synkliny gąłęzicko-bolechowicko-borkowskiej. Arch. IHGI AGH, Kraków.
- SZCZERBICKA M., MESZCZYŃSKI J., WILGAT J., 2001 — Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne GZWP 421 Włostowa. Arch. Przeds. Geol. „Polgeol” S.A. Zakład w Lublinie.
- SZKLARCZYK T., 2008 — Metodyka zlewniowego bilansowania zasobów wód podziemnych na przykładzie zlewni Koprzywianki. [Niepubl. praca doktorska]. KHGI AGH Kraków, Biblioteka Główna AGH, Kraków.
- SZKLARCZYK T., 2011 — Model dla oceny zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych – ujęcie Białogon. *W: Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych – poradnik metodyczny* (red. S. Dąbrowski i in.): 208–219. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- SZKLARCZYK T., KMIĘCIK E., STACH-KALARUS M., 2011 — Wybrane metody i narzędzia badawcze w bilansowaniu wodno gospodarczym i ocenie stanu wód podziemnych na przykładzie zlewni Koprzywianki. Wyd. AGH, Kraków.
- SZKLARCZYK T., SZCZEPAŃSKI A., 2008 — Możliwości modelowej oceny aktualnego i prognozowanego wpływu pracy ujęć wód podziemnych na wielkość przepływów wód powierzchniowych na przykładzie zlewni Koprzywianki. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **431**: 219–234.
- STAN ŚRODOWISKA w województwie świętokrzyskim – raporty 1997–2006. WIOŚ w Kielcach, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce.
- SZULCZEWSKI M., 1995 — Depositional evolution of the Holy Cross Mts. (Poland) in the Devonian and Carboniferous – a review. *Geol. Quart.*, **39**: 471–488.
- SZYMANKO J., 1980 — Koncepcje systemu wodonośnego i metod jego modelowania. Wyd. Geol., Warszawa.
- TASZEK B., 1982 — Dokumentacja hydrogeologiczna stacji I rzędu obserwacji wód podziemnych z utworów czwartorzędowych, triasowych, cechsztyńskich i dewonu w Nałęczowie k/Kielc. Arch. Przeds. Geol., Kielce.

- TOMCZYK H., 1974 — Góry Świętokrzyskie. *W: Budowa geologiczna Polski. Tektonika, część 1* (red. W. Pożaryski): 128–197. Inst. Geol., Warszawa.
- TOMCZYK H., 1988 — Region łysogórski a platforma wschodnioeuropejska w cyklu kaledońsko-waryscyjskim. *Prz. Geol.*, **36**: 9–17.
- TOTH J., 1963 — A theoretical analysis AT groundwater flow in small drainage basins. *J. Geophys. Res.*, **68**.
- TRELA W., 2006 — Ordowik w Górach Świętokrzyskich: zapis stratygraficzny i sedimentacyjny. *W: Procesy i zdarzenia w historii geologicznej Gór Świętokrzyskich* (red. S. Skompski, A. Żylińska). 77 Zjazd Naukowy Pol. Tow. Geol.: 28–35. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TUREK S., 1960 — Szczegółowa mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Staszów. Inst. Geol., Warszawa.
- TUREK S., 1961 — Szczegółowa mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Klimontów. Inst. Geol., Warszawa.
- URBAN J. (red.), 1996 — Jaskinie regionu świętokrzyskiego. *Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi*, Warszawa: 1–321.
- URBAN J., 2000 — Kras kopalny trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich. Niepubl., praca doktorska. Arch. Inst. Geol. Uniw. im. A. Mickiewicza, Poznań.
- URBAN J., 2002 — Kras kopalny trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich. Streszczenie referatu wygłoszonego w 2001 r. PTG Oddział w Poznaniu, Uniw. im. A. Mickiewicza, 11: 53–69.
- URBAN J., 2007 — Permian to Triassic paleokarst of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mts., Central Poland. *Kwart. AGH, Geologia*, **33**, 1: 5–50.
- URBAN J., GUBAŁA J., KASZA A., 1997 — Jaskinie regionu świętokrzyskiego i ich ochrona. *Prz. Geol.*, **45**: 700–706.
- URBAN J., RZONCA B., 2009 — Karst systems analyzed using borehole logs – Devonian carbonates of the Świętokrzyskie (Holy Cross) Mountains, Central Poland. *Geomorphology*, **112**: 27–47.
- UNRUG R., HARAŃCZYK CZ., CHOCYK-JAMIŃSKA M., 1999 — Easternmost Avalonian and Armorican-Cadomian terranes of central Europe and Caledonian-Variscan evolution of the polydeformed Kraków mobile belt: geological constrains. *Tectonophysics*, **302**: 133–157.
- WALLICK E.I., TOTH J., 1976 — Methods of regional groundwater flow analysis with suggestion for the use of environmental isotope. Proc. Advisory Group Meet., Vienna.
- WIĘZIK B., 1994 — Bilans wodnospodarczy zlewni rzeki Kamiennej. Arch. PKr., Kraków.
- WITCZAK S., 1996 — Bilans wodnospodarczy zlewni Koprzywianki, wariant dynamiczny oparty o GIS. Zał. 3. Bilans wód podziemnych zlewni Koprzywianki. Arch. Zakładu Systemów Wodnospodarczych IMGW, Kraków.
- WOLSKI P., SZCZEPAŃSKI A., PRAŻAK J., 1995 — Zmiany w stosunkach wodnych w obrębie południowego skrzydła synkliny kieleckiej wywołane eksploatacją wód podziemnych. 7 Współczesne problemy hydrogeologii. Kraków–Krynica: 485–490. Wyd. AGH, Kraków.
- WRÓBLEWSKA E., 2000 — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Łagów (0853). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- WRÓBLEWSKA E., HERMAN G., 1997 — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Bodzentyn (0816). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- WRÓBLEWSKA E., HERMAN G., 2000 — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Opatów (0854). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- WRÓBLEWSKA E., HERMAN G., 2002a — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Słupia Nowa (0817). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- WRÓBLEWSKA E., HERMAN G., 2002b — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, Ark. Ostrowiec Świętokrzyski (0818). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- WRÓBLEWSKA E., PRAŻAK J., 2002 — Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Skarżysko-Kamienna (0799). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- ZBROJA S., 1991 — Nowe dane o korelacji osadów permu w północno-zachodnim obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich. *Kwart. Geol.*, **35**: 281–282.
- ZŁONKIEWICZ Z., ROMANEK A., 1992 — Mapa geologiczna Polski 1:200 000, ark. Sandomierz, B – bez utworów czwartorzędowych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ŻAK CZ., 1966 — Strefy ochronne ujęć wody w dolinie białogóńskiej. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- ŻAK CZ., 1976 — Charakterystyka hydrogeologiczna regionu świętokrzyskiego. *Prz. Geol.*, **8**: 479–482.
- ŻAK CZ., 1981 — Aneks do opracowania „Zmiany reżimu wód podziemnych w rejonach Białogonu, Zagnańska i Białego Zagłębia. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddz. Świętokrz., Kielce.
- ŻAK CZ. 1991 — Region świętokrzyski. *W: Budowa geologiczna Polski, t. 7 Hydrogeologia*: (red. J. Malinowski): 128–144. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ŻAKOWA H., 1980 — Main features of the Dinantian stratigraphy and development in the Holy Cross Mts. C-R. 8^{oo} Inter. Congr. Geo. Strat. I. Carbon. **6**, Moskwa.
- ŻAKOWA H., 1981 — Rozwój i stratygrafia karbonu Gór Świętokrzyskich. Wykształcenie i stratygrafia karbonu w synklinie gałęzickiej. *W: Przewodnik 53 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego* (red. H. Żakowa): 89–100 i 197–215. Wyd. Geol., Warszawa.
- ŻAKOWA H., MIGASZEWSKI Z., 1995 — Góry Świętokrzyskie Mts. *W: The Carboniferous system in Poland* (red. A. Zdanowski, H. Żakowa). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **148**: 109–115.
- ŻAKOWA H., NEHRING-LEFELD H., MALEC J., 1985 — Devonian-Carboniferous boundary in the borehole Kowala I, Southern Holy Cross Mts, Poland: macro- and microfauna. *Bull. Pol. Acad. Sci.*, **33**: 87–95.

POSITION OF HYDRODYNAMIC AND ECONOMIC SIGNIFICANCE OF DEVONIAN GROUNDWATER RESERVOIRS IN THE HOLY CROSS MOUNTAINS

Abstract. The Holy Cross Mountains are located in southeast Poland and are characterized by a complicated geological structure. The work deals with the hydrogeology of the Paleozoic core, with particular emphasis on Middle and Upper Devonian groundwater reservoirs. They are the primary source of water for public supply, agriculture, industry, and especially for the population of 200 thousand inhabitants of Kielce. The geological structure of the folded Paleozoic core clearly shows synclinoria and anticlinoria in which the synclines are composed mainly of limestone and dolomite aquifers of the Middle Devonian and the lower part of the Upper Devo-

nian–Frasnian, forming a fissure-karst groundwater reservoirs. Following a detailed analysis of the hydrodynamics of the individual parts of the Middle and Upper Devonian aquifers and referring to previous papers, the author has separated twelve groundwater reservoirs and their areas of balance. The total area of their occurrence is 504.02 km². The author estimated their overall renewable resources at 12 131 m³/h, and the dispositional resources at 8467 m³/h. Consumption of water from existing approaches amounts to 2437 m³/h, and the disposable resources are about 3045 m³/h.

Key words: groundwater reservoirs, regional hydrogeology, Devonian, Holy Cross Mountains.

SUMMARY

The Middle and Upper Devonian groundwater reservoirs of the Holy Cross Mountains (Świętokrzyskie Mountains) are the primary source of water supply to the local population, agriculture and industry. The principal user is the city of Kielce with its 200 thousand inhabitants, situated in the western part of the Holy Cross Paleozoic core. In these complex geological and hydrogeological conditions, the author has distinguished twelve groundwater reservoirs with their discharge areas (areas of balance sheet) with reference to the earlier divisions of other authors, as well as ordered the names of the reservoirs. They are grouped in the three WNW-trending regional geological structures of the Holy Cross Paleozoic core:

- in the Bodzentyn Syncline (northern part): Bodzentyn and Włochy reservoirs;
- in the Kielce–Łagów Synclinorium (central part): Miedziana Góra, Kielce, Wola Kopcowa, Górnio, Łagów and Włostów reservoirs;
- in the Klimontów Anticlinorium (southern part) Gałęzice–Bolechowice–Borków, Daleszyce, Miedzianka–Chęciny and Radomice reservoirs.

Due to its strategic importance for the water supply, four of them were classified as major groundwater basins (MGWB) in Poland, requiring special protection: 419 Bodzentyn, 421 Włostów, 417 Kielce and 418 Gałęzice–Bolechowice–Borków (Fig. 10).

Recharge areas of the individual reservoirs are composed of Paleozoic semi-permeable and impermeable deposits lo-

cated within the limits of their groundwater catchment areas, and, in some cases, adjoining the Permian–Mesozoic aquifers. Their total disposable resources, estimated by the author, are 8467 m³/h. The current water consumption level is approximately 2437 m³/h, and the reserves are estimated at 3045 m³/h. They are very unevenly distributed and may not always be exploited by prominent groundwater intakes. Much of these reserves can be extracted only by minor and scattered groundwater intakes of discharge rates ranging from 20 to 50 m³/h.

Disposable resources of some reservoirs, especially of the Borków–Gałęzice–Bolechowice reservoir, are conditioned by the amount of temporal dewaterings of excavations in Devonian limestone and dolomite mines. The mining water is currently discharged into rivers in the amount of 3182 m³/h. Depending on local demand, part of the water may be used in the household, agriculture and industry sectors. After completion of mining activities, it is planned to perform groundwater restoration operations of post-mining excavations. The temporarily degraded groundwater resources will be restored.

The groundwater of the Middle and Upper Devonian aquifers is of good quality and can be used for human consumption in the raw state or after a simple treatment by eliminating the slightly elevated iron or manganese contents. However, it is threatened because the natural resistance of these reservoirs to contamination is usually low, and the aquifers are almost devoid of any isolation at numerous outcrops

of the water-bearing rocks. It often makes significant or very significant pollution hazard, especially in urban areas of Kielce and its surroundings, where there is a great number of actual and potential pollution outbreaks. Despite the many types of hazard, the water of the area's largest municipal groundwater intake at Kielce-Białogon is still supplied to the users in the raw state without any treatment. It demonstrates the effectiveness of actions undertaken to protect the groundwater intake and to eliminate the pollution sources.

Preventive groundwater protection activities should be based on relevant prohibitions, prescriptions and recommendations established for protection areas of the individual reservoirs and indirect protection zones of the groundwater intakes, included in the groundwater management plans for

the Upper Vistula River basin, and in the voivodship and municipal land management plans. However, constant control of their chemical condition and water quantity is necessary to be performed within the framework of groundwater monitoring. Currently, it is conducted only within the national network and local networks around the pollution outbreaks, around the Kielce-Białogon groundwater intake and in the drained mines. A major problem in the availability of data on the trends in the changes of groundwater chemical composition has arisen because, in 2006, the Voivodship Inspectorate for Environmental Protection in Kielce suspended the continuous regional groundwater monitoring in the Świętokrzyskie voivodeship, which had been conducted since 1992.

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego* są publikowane prace oryginalne i przeglądowe o charakterze monograficznym.

Opracowanie wraz z pismem przewodnim instytucji macierzystej autora oraz informacją o źródłach finansowania publikacji, wkładzie finansowym instytucji naukowo-badawczych, stowarzyszeń i innych podmiotów należy złożyć w jednym egzemplarzu wraz z wersją cyfrową w sekretariacie Zakładu Publikacji Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego. Złożenie pracy jest jednoznaczne z oświadczeniem autora, że dzieło jest oryginalne, nigdzie wcześniej niepublikowane i niezłożone do druku w innym wydawnictwie, skład zespołu autorskiego odzwierciedla rzeczywisty wkład pracy poszczególnych osób w procesie powstawania publikacji, a ostateczna wersja publikacji została przedłożona po uzgodnieniu ze wszystkimi autorami. Opracowania monograficzne publikowane w *Pracach* są recenzowane. Objętość artykułów (opracowań) przeznaczonych do druku w *Pracach* nie jest limitowana.

Wszyscy autorzy składanych prac są zobowiązani do podania stopnia naukowego, afiliacji instytucji macierzystej oraz aktualnego adresu zamieszkania, niezbędnego do zawarcia umowy autorskiej.

Artykuły nadesłane do redakcji, po wstępnym zaakceptowaniu, są przekazywane do dwóch niezależnych recenzentów, niepozostających w konflikcie interesów z autorem. Recenzja wraz z uwagami redakcji jest udostępniana autorowi w celu dokonania koniecznych poprawek, w uzgodnionym terminie. Przekroczenie uzgodnionego terminu oznaczać będzie zmianę kolejności pozycji w tece redakcyjnej. Po zredagowaniu i złamaniu tekstu autor otrzymuje egzemplarz do korekty, który powinien być zwrócony do redakcji w ciągu dwóch tygodni. Poważne zmiany autorskie w tekście i na ilustracjach na etapie korekty nie będą akceptowane.

W celu usprawnienia prac redakcyjnych prosimy o przygotowanie tekstu i załączników zgodnie z poniższymi wskazówkami; prace nieodpowiadające wymaganiom redakcji będą zwracane autorom. Części pracy publikowane w języku angielskim, tzn. abstrakt, słowa kluczowe, streszczenie, tytuły ilustracji (figury i tablice fotograficzne) z objaśnieniami i tytuły tabel, należy dostarczyć w wersji angielskiej.

Przygotowanie tekstu. Tekst musi być dostarczony w wersji elektronicznej wraz z jedną kopią, wydrukowaną z podwójnym odstępem między wierszami, 12-punktową czcionką (Times New Roman) i 4-centymetrowym marginesem z lewej strony. Akapity powinny być wyrównane do lewej strony (niejustowane), należy wyłączyć opcję dzielenia wyrazów, nie stosować wcięć akapitowych, wypośrodkowań ustawianych spacjami.

Na marginesach należy zaznaczyć miejsca włamania figur oraz hierarchię tytułów, uwzględniając co najwyżej trzy stopnie. Wszystkie jednostki miar podawać w systemie SI. Cytowane pozycje literatury umieszczać w nawiasach, podając nazwisko i rok wydania, np. (Kowalski, 1998).

Tekst, objaśnienia do ilustracji i tabele należy zapisać w osobnych plikach. Format zapisu — MS Word.

Prosimy o umieszczanie na etykiecie nośnika następujących informacji: nazwisko autora, tytuł pracy, nazwa i wersja edytora tekstu, programu graficznego i ewentualnie nazwy programu kompresującego.

Abstrakt. Abstrakt, nieprzekraczający 200 słów, publikowany jest w języku polskim i angielskim. Powinien zwięźle przedstawiać metody, wyniki badań i wnioski.

Słowa kluczowe. Należy podać 5–7 słów kluczowych opisujących tematykę pracy.

Streszczenie. Streszczenie w języku angielskim nie powinno przekraczać 10% objętości całej pracy.

Literatura cytowana. Spis literatury, ułożony alfabetycznie, powinien zawierać tylko prace publikowane cytowane w tekście, w objaśnieniach do ilustracji i w tabelach. Skróty nazw czasopism i serii wydawniczych podawać zgodnie z *Bibliografią geologiczną Polski* i formalnymi wymogami redakcji. Przykłady:

FIJAŁKOWSKA-MADER A., MALEC J., 2011 — Biostratigraphy of the Emsian to Eifelian in the Holy Cross Mountains (Poland). *Geol. Quart.*, **55**, 2: 109–138.

RACKI G., NARKIEWICZ M. (red.), 2006 — Polskie zasady stratygrafii. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

SIKORSKA M., 2007a — Geneza wapieni i cementów węglanowych piaskowców w kambrze obniżenia bałtyckiego. *Prz. Geol.*, **55**, 4: 304.

SIKORSKA M., 2007b — Petrografia ediakaru (wendu) i kambru. *W: Słupsk IG 1* (red. Z. Modliński). *Profile Głęb. Otw. Wiert. Państw. Inst. Geol.*, **116**: 75–83.

Uwaga: dla książek należy bezwzględnie podać wydawcę i miejsce wydania. Pozycje literatury w alfabecie cyrylicy muszą być podane w transkrypcji na alfabet łaciński.

Ilustracje. Figury (rysunki) i fotografie wraz z kopią należy dostarczyć w wersji elektronicznej (program graficzny CorelDraw lub Illustrator; w przypadku stosowania innych programów należy zapisać rysunki w formacie wektorowym Windows Metafile – WMF lub innym umożliwiającym import do Corela Draw) wraz z wydrukiem. Grafikę rastrową (obrazy skanowane) należy zapisać w jednym z następujących formatów: TIFF, PCX, CPT, BMP, PSD, JPG. Rozdzielczość zeskanowanych fotografii kolorowych powinna wynosić minimum 300 dpi, fotografii czarno-białych co najmniej 600 dpi, czarno-białych rysunków (liniowych) 1200 dpi.

Kolorowe ilustracje prosimy załączać tylko w uzasadnionych przypadkach, tzn. kiedy kolor jest jedynym sposobem efektywnego wyrażenia zagadnienia. Autorzy są zobowiązani do partycypowania w kosztach druku kolorowych załączników.

Ilustracje powinny być przekazywane w takich wymiarach, aby po zmniejszeniu zmieściły się na kolumnę 175×245 mm. Stopień zmniejszenia przyjmuje się od 30 do 50%. Rysunki nie mogą zawierać zbędnych szczegółów, wielkość opisów po zmniejszeniu nie może być mniejsza niż 1 mm. Na mapach i przekrojach należy umieścić skalę liniową. Objasnienia figur w języku polskim i angielskim prosimy umieszczać pod rysunkiem (nie stosować kostek z numeracją).

Tabele. Tabele muszą być zapisane w oddzielnym pliku, w formacie MS Word lub Excel (maksymalny format A4).

W przypadku wątpliwości co do formalnych wymagań, autorzy są proszeni o bezpośredni kontakt i konsultację z Zakładem Publikacji PIG-PIB.