

INFORMATOR PSH

HYDROGEOLOGIA ZLEWNI NIDY ORAZ PROBLEMY ZAGOSPODAROWANIA I OCHRONY ZASOBÓW WÓD PODZIEMNYCH

Jan Prażak



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy



Jan Prażak

INFORMATOR PSH

HYDROGEOLOGIA ZLEWNI NIDY
ORAZ PROBLEMY ZAGOSPODAROWANIA
I OCHRONY ZASOBÓW WÓD PODZIEMNYCH



Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2019

Autor: dr hab. Jan Prażak¹

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski w Kielcach

Recenzent: prof. dr hab. Jan Przybyłek

Redakcja, skład i opracowanie typograficzne: Ewelina Leśniak

Projekt okładki: Łukasz Borkowski

Zdjęcie na okładce: rzeka Nida (fot. J. Prażak)

Akceptował do druku dnia 14.11.2019 r.

Dyrektor Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego
dr inż. Mateusz Damrat

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2019

ISBN 978-83-66305-70-0

Adres redakcji:

Dział Wydawnictw

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; tel. 22 4592 480

Nakład: 400 egz.

Druk: Drukarnia Braci Grodzickich Sp. J., ul. Geodetów 47a, 05-500 Piaseczno

SPIS TREŚCI

Wstęp	5
Historia badań	6
Charakterystyka zlewni	8
Położenie geograficzne	8
Wody powierzchniowe	9
Klimat	11
Budowa geologiczna	11
Zagospodarowanie terenu	14
Zlewnia Nidy na tle hydrogeologicznych podziałów regionalnych	15
Środowisko wód podziemnych	16
Piętra i poziomy wodonośne	16
Ośrodki skalne	17
Waloryzacja zbiorników wód podziemnych	19
Krążenie wód podziemnych	19
Monitoring stanu ilościowego i chemicznego wód podziemnych	21
Monitoring stanu ilościowego wód podziemnych	22
Monitoring stanu chemicznego (jakości) zwykłych wód podziemnych	23
Zasoby odnawialne i dyspozycyjne wód podziemnych	27
Rejony intensywnej eksploatacji wód podziemnych	28
Rejon eksploatacji Zagnańsk	29
Rejon eksploatacji Kielce	32
Rejon eksploatacji Gałęzice–Bolechowice–Borków	35
Chemizm i jakość wód podziemnych	39
Wody zwykłe	39
Wody mineralne i lecznicze	48

Zasoby wód podziemnych i problemy w zagospodarowaniu	48
Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych	48
Zasoby eksploatacyjne wód podziemnych	48
Odwodnienia górnicze i ich wpływ na zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych	49
Problemy ochrony dobrego stanu chemicznego wód podziemnych	50
Obszary ochronne głównych zbiorników wód podziemnych	50
Strefy ochronne ujęć wody	51
Skażenia wód podziemnych, ich skutki i likwidacja	52
Podsumowanie	57
Literatura	57

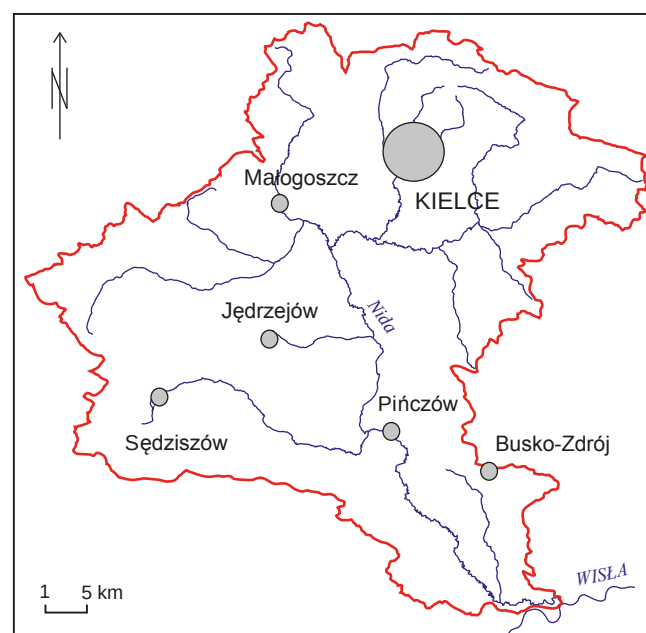
WSTĘP

Zlewnia II rzędu Nidy w dorzeczu Wisły jest zlewnią wyżynną na obszarze wyżyny małopolskiej (Gynowska, Maciejewski, 1991). Pod względem budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych dzieli się na część północno-wschodnią, obejmującą obszar południowo-zachodniej części trzonu paleozoicznego wraz z obrzeżeniem permsko-mezozoicznym Gór Świętokrzyskich, i część południowo-zachodnią, obejmującą utwory kredy górnej niecki miechowskiej wraz z zachodnim skrajem utworów miocenijskich zapadliska przedkarpacciego. W części północno-wschodniej panują bardzo zróżnicowane warunki hydrogeologiczne. W regionie świętokrzyskim struktury wodonośne o charakterze fałdowym są często odizolowane od siebie skałami półprzepuszczalnymi i nieprzepuszczalnymi i mają ze sobą ograniczony kontakt hydrauliczny. Warstwy wodonośne są różnego wieku: czwartorzędowe, neogeńskie (miocen), górnokredowe, górnokarbońskie, środkowokarbońskie, dolnokarbońskie, górnopermskie, górnodewońskie i środkowodewońskie. Skały karbońskie oraz kompleks skał dolnodewońskich, sylurskich, ordowickich i kambryjskich są słabo zawodnione i nie stanowią użytkowych zbiorników wód podziemnych.

W granicach omawianej zlewni znajduje się wojewódzkie miasto Kielce, liczące ok. 190 000 ludności, oraz inne większe miasta: Małogoszcz, Jędrzejów, Pińczów, Busko-Zdrój i Sędziszów (ryc. 1). Wody podziemne stanowią tu podstawowe źródło zaopatrzenia miejscowej ludności, przemysłu i rolnictwa w wodę (Prażak, 1995). Na znacznych obszarach zlewni warunki wodne są zaburzone przez odwodnienia odkrywkowych wyrobisk górniczych licznych kopalń wapieni i dolomitów, co niekiedy koliduje z interesami użytkowników zasobów wodnych. Jednocześnie do rzek zrzucane są znaczne ilości wód kopalnianych dobrej jakości, które wzbogacają przepływy niskie i poprawiają jakość wód powierzchniowych. Powodowane przez górnictwo zmiany warunków wodnych mają charakter czasowy. Tam, gdzie eksploatacja kopalni została zakończona, wyrobiska są rekultywowane i zalewane wodą, a zasoby wód podziemnych ulegają tzw. odbudowie.

Na przeważającym obszarze zlewni warstwy wodonośne są słabo izolowane lub wręcz pozbawione izolacji przed przenikaniem zanieczyszczeń z powierzchni terenu. Duża podatność na zanieczyszczenie i liczne ogniska zanieczyszczeń sprawiają, że w wielu miejscach jakość wód podziemnych jest często zagrożona lub już obniżona wskutek lokalnych zanieczyszczeń. Stwarza to często konieczność podejmowania intensywnych działań ochronnych i likwidacji ognisk zanieczyszczeń. Jakość wody jest na bieżąco monitorowana w sieci krajowej i w sieciach lokalnych monitoringu wód podziemnych.

Celem niniejszej pracy jest syntetyczna charakterystyka panujących w zlewni warunków hydrogeologicznych ze szczególnym uwzględnieniem ich wpływu na możliwości zagospodarowania i warunki ochrony wód podziemnych.



— granica zlewni Nidy

Ryc. 1. Zlewnia Nidy

HISTORIA BADAŃ

Badania hydrogeologiczne w zlewni Nidy prowadzono od początku XX w. Wykonywano je w związku z budową ujęć wody, oceną regionalnych zasobów wód podziemnych i kartografią hydrogeologiczną.

Pierwsze studnie wiercone ujmujące wodę z wapieni dewońskich wykonano w 1927 r. dla elektrowni w Kielcach (firma M. Lempicki). W tym samym czasie wodę z wapieni dewońskich ujęto także studnią wierconą dla kamieniołomu w Jaworzni k. Kielc. Były to pojedyncze obiekty i aż do końca II wojny światowej – w 1945 r. – podstawowym źródłem zaopatrzenia ludności, rolnictwa i przemysłu w wodę do picia były studnie kopane i źródła. Z naturalnego źródła zaopatrywały się w wodę także uruchomione w 1929 r. wodociągi w Kielcach. Dopiero w latach 50. XX w. rozpoczęto budowę większej liczby studni wierconych. Wykonywano je dla wodociągów miejskich i wiejskich, zakładów przemysłowych, szkół, kopalń odkrywkowych i obiektów kolejowych. W większości były to ujęcia wody jednootworowe. Duże ujęcia wielootworowe w Białogonie (obecnie dzielnica Kielc) i w Zagnańsku na potrzeby wodociągów kieleckich wykonano w końcu lat 60. i na początku 70. XX w. (Błach, 1968, 1971; Gaik, 1968). Do większych ujęć wielootworowych na terenie zlewni Nidy można także zaliczyć wykonane później komunalne ujęcia Kielce-Dyminy i Wilanów dla Jędrzejowa (Ginalska-Prokop, 1990, 2017; Prażak, 2012a).

Zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych ustalano, tak jak ustala się je również dzisiaj, na podstawie wyników próbných pompowań studni i są one podstawą do obliczeń parametrów hydrogeologicznych ujętych warstw wodonośnych. Ustalenie przez interpolację zasobów większych od wydajności uzyskanej w czasie próbných pompowań miało miejsce w przypadku dużych ujęć komunalnych Kielc w Zagnańsku i Białogonie i nielicznych ujęć jednootworowych.

Obliczanie regionalnych zasobów wód podziemnych rozpoczęto w końcu lat 70. XX w. W 1968 r. ówczesny Oddział Świętokrzyski Instytutu Geologicznego w Kielcach opracował „Dokumentację hydrogeologiczną synkliny gałęzicko-bolechowsko-borkowskiej w Górach Świętokrzyskich wraz z aneksem” (Maszoński, Żak, 1968a), a następnie w 1970 r. „Dokumentację hydrogeologiczną zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych, trzeciorzędowych, kredowych i jurajskich regionu Niecki Nidziańskiej oraz czwartorzędowych i trzeciorzędowych wycinka Zapadliska Przedkarpackiego” (Maszoński, Żak, 1970). W tym samym czasie Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Krakowie wykonało „Dokumentację zasobów wód podziemnych w utworach czwartorzędowych, jurajskich, triasowych, permskich, karbońskich, dewońskich, sylurskich, ordowickich i kambryjskich regionu Gór Świętokrzyskich” (Kurdziel i in., 1970). Nieco później w czasopiśmie *Geographica Lodziensia* została opublikowana bardzo pomocna do obliczeń zasobów wód podziemnych praca pt. „Obieg wody w dorzeczu Bobrzy” (Burchard, 1978). Kolejnym opracowaniem regionalnym była sporządzona w 1990 r. przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach „Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych

województwa kieleckiego” (Ginalska-Prokop, 1990). Charakterystyka hydrogeologiczna regionu została także opisana w publikacjach Czesława Żaka z Oddziału Świętokrzyskiego ówczesnego Instytutu Geologicznego (Żak, 1976, 1991; Malinowski, 1991).

Na początku lat 90. XX w. rozpoczęto dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych z uwzględnieniem ochrony innych elementów ochrony środowiska przyrodniczego, w tym ochronę przepływów nienaruszalnych rzek. Dla zlewni Nidy ustalono je w trzech, wykonanych w różnym czasie, dokumentacjach regionalnych:

1. „Dokumentacja hydrogeologiczna rejonu eksploatacji (RE) Kielce, w tym GZWP nr 417 Kielce” Państwowy Instytut Geologiczny Oddział Świętokrzyski w Kielcach (Prażak, 1994a). Dokumentację opracowano na podstawie sporządzonego specjalnie dla niej „Bilansu wodnego górnej Nidy po wodowskaz Brzegi” (IMiGW praca zbiorowa, 1988).
2. „Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych rejonu eksploatacji Zagnańsk, w tym GZWP nr 414 Zagnańsk” Katowickie Przedsiębiorstwo Geologiczne Sp. z o.o. (Górnik, Filar, 2006).
3. „Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby wód podziemnych zlewni Nidy bez rejonu Kielc” HYDRO-EKO Biuro Poszukiwań i Ochrony Wód (Rodzoch i in., 2012).

W 1990 r. została opublikowana *Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony* w skali 1:500 000, opracowana przez zespół hydrogeologów pod kierunkiem A.S. Kleczkowskiego (Kleczkowski, 1990a, b), wydana przez Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH w Krakowie (autor uczestniczył w pracach zespołu). W zlewni Nidy wyznaczono w całości lub w części pięć głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP): górno-kredowy GZWP nr 409 Niecka Miechowska SE, środkowo- i dolnotriasowy GZWP nr 414 Zagnańsk, górnourajski GZWP nr 416 Małogoszcz oraz środkowo- i górnodewońskie GZWP nr 417 Kielce i GZWP nr 418 Gałęzice–Bolechowice–Borków (Kleczkowski, 1990a, b; Prażak, Szczepański, 1991). W następnych latach przystąpiono do opracowania szczegółowych dokumentacji hydrogeologicznych poszczególnych zbiorników w skalach 1:50 000 lub 1:25 000 (Mikołajkow, Sadurski, 2017). Metodyka ich wykonania ulegała zmianie, a do stworzonych wcześniej dokumentacji sporządzano odpowiednie dodatki. Aktualna ich wersja została opracowana wg metodyki z 2009 r. Państwowego Instytutu Geologicznego (Herbich i in., 2009).

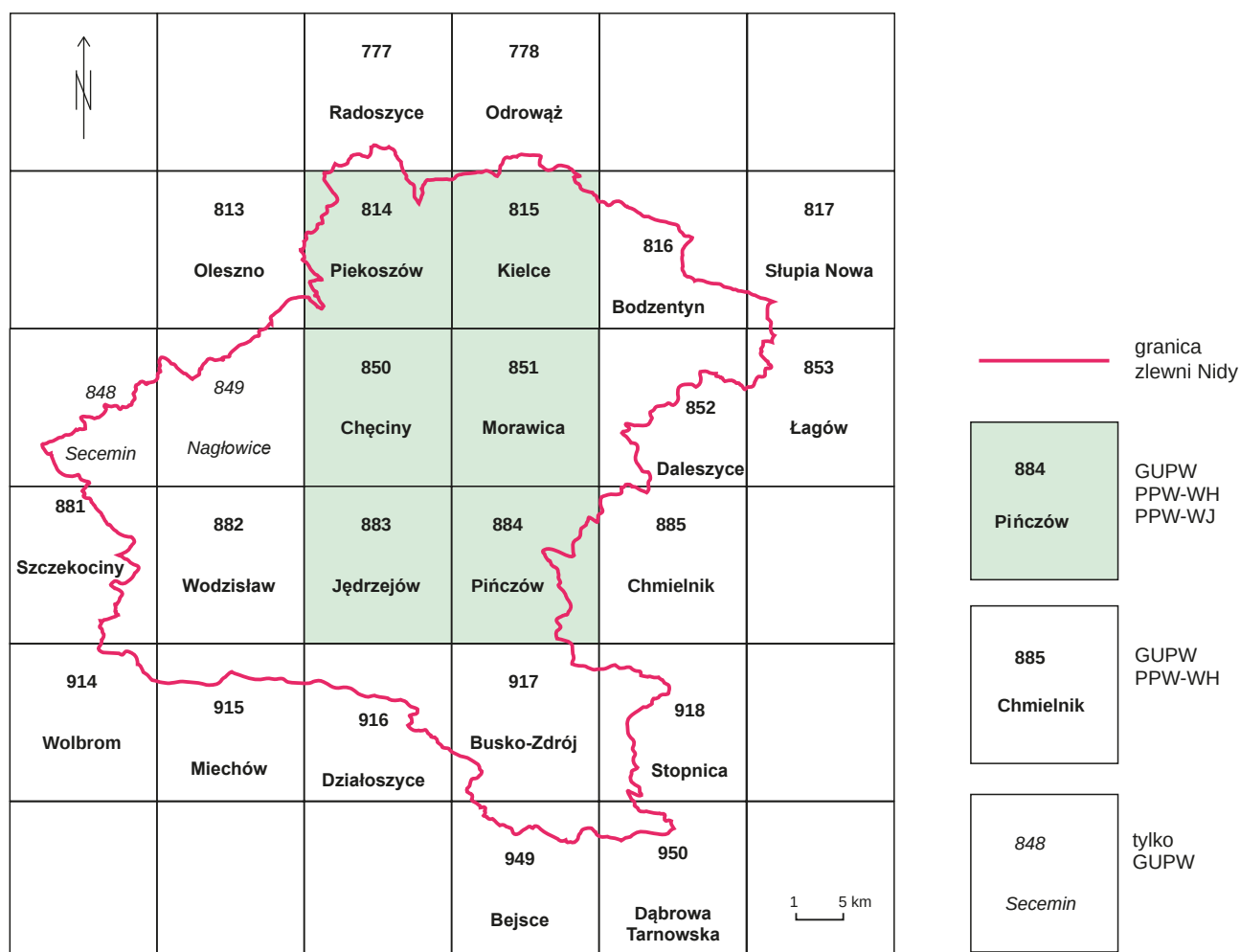
Kartowanie hydrogeologiczne terenu omawianej zlewni rozpoczęto na początku lat 60. XX w. W 1961 r. Oddział Świętokrzyski Instytutu Geologicznego opracował arkusz Kielce *Szczegółowej Mapy Hydrogeologicznej Polski* (Maszoński, 1961, 1967, 1968), a w 1962 r. *Przeglądową mapę hydrogeologiczną Polski* w skali 1:300 000 (Maszoński, Żak, 1962, 1968a, b). W latach 80. XX w. ówczesny Instytut

Geologiczny opracował i wydał pod redakcją C. Kolago *Mapę Hydrogeologiczną Polski* w skali 1:200 000. Zlewnia Nidy znajduje się w granicach jej sześciu arkuszy: Częstochowa (Musiał, 1987, 1988), Kielce (Maszoński, 1983, 1984), Sandomierz (Markiewicz, 1981, 1984), Kraków (Jóźwiak, Kowalczeńska, 1981, 1986), Tarnów (Kowalczeńska, 1981, 1984) i Mielec (Chmielewska, 1981, 1984). W 1992 r. Państwowy Instytut Geologiczny rozpoczął realizację *Mapy Hydrogeologicznej Polski – głównego poziomu wodonośnego* (MHP GUPW) w skali 1:50 000, a następnie *pierwszego poziomu wodonośnego – występowanie i hydrodynamika* (MHP PPW-WH) oraz *wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód* (MHP PPW-WJ). Zlewnię Nidy obejmują 23 arkusze tej mapy. Do chwili obecnej wykonano wszystkie arkusze MHP GUPW, 21 arkuszy MHP PPW-WH i 6 arkuszy MHP PPW-WJ (ryc. 2).

Bardziej szczegółowe rozpoznanie warunków hydrogeologicznych w zlewni rozpoczęło się w 1983 r. w związku ze wzrostem zapotrzebowania Kielc na wodę. Opracowano wówczas program badań hydrogeologicznych obejmujący tereny w rejonie Zagnańska, Rudy Strawczyńskiej, Kielc i Piekoszowa, Białego Zagłębia (rejon Gałęzice–

Bolechowice–Borków) i Małogoszczy (Belcarz i in., 1983). Zaprojektowano i wykonano tam wiele badań hydrogeologicznych, których wynikiem była późniejsza korekta zasobów eksploatacyjnych ujęć w Zagnańsku i w Kielcach–Białogonie oraz udokumentowanie zasobów eksploatacyjnych nowego ujęcia wody w rejonie Sukowa i Marzysza (Prażak, 1994b; Maszońska, 1995; Knez i in., 2009).

W północnej części zlewni Nidy trwa intensywne wydobycie kopalin skalnych (piaskowce, wapienie, dolomity, margle). Szczególnie jest nasiloną eksploatacja dewońskich wapieni i dolomitów dla przemysłu cementowo-wapienniczego, drogownictwa i cukrownictwa w zachodniej i centralnej części synkliny gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej. Jest to obszar tzw. Białego Zagłębia k. Kielc. Kamieniołomy od wielu lat są odwadniane, a woda odprowadzana do rzek. Do celów technologicznych i zaopatrzenia zakładów w wodę wykorzystywana jest tylko w niewielkiej ilości. Prace studialne nad możliwością wykorzystania wód kopalnianych na potrzeby wodociągów komunalnych Kielc rozpoczęto już na początku lat 80. XX w. Szczegółowymi badaniami objęto rejon Gałęzice–Bolechowice–Borków, w którego zachodniej i centralnej części znajduje się pięć odwadnianych kopalń.



Ryc. 2. Skorowidz arkuszy *Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000* (układ 42), na których znajduje się teren zlewni Nidy

GUPW – główny poziom wodonośny; PPW-WH – pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika; PPW-WJ – pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość i jakość

W centralnej części rejonu obok nich znajduje się obecnie duże ujęcie komunalne Kielc w dzielnicy Dyminy, a w części wschodniej udokumentowano zasoby kolejnego ujęcia komunalnego dla Kielc w Sukowie i Marzyszu (obecnie przekazane gminie Daleszyce). Prognozowane zawodnienie kopalń i pobór wody z ujęć wraz z oceną wpływu działalności górniczej na ich zasoby eksploatacyjne oraz możliwości ewentualnego wykorzystania wód kopalnianych do celów komunalnych były tam przedmiotem licznych badań prowadzonych za pomocą modelowania matematycznego (Kleczkowski i in., 1978; Szczepański i in., 1984; Herman i in., 1991; Prażak i in., 2005; Młyńczak i in., 2019).

Pobór wody z komunalnych ujęć wód podziemnych Kielc w Białogonie i Zagnańsku wraz z rozpoczynającym się odwodnieniem odkrywkowych kopalń wapieni i dolomitów zaczęły powodować duże zmiany hydrodynamiczne. Już w latach 70. XX w. Oddział Świętokrzyski ówczesnego Instytutu Geologicznego zbudował sieć obserwacyjną piezometrów i otworów hydrogeologiczno-badawczych do obserwacji stanu zwierciadła wód podziemnych, rozpoczynając tym samym wieloletni temat badawczy pn. „Zmiany reżimu wód podziemnych w rejonie: a) Zagnańska, b) Białogonu c) Białego Zagłębia” (Maszoński, 1975; Maszoński, Żak, 1976, 1977, 1979, 1980; Żak, 1980). Były to pierwsze, i kontynuowane są do dzisiaj przez Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o., badania o charakterze monitoringu ilościowego wód podziemnych.

W końcu lat 80. XX w. ówczesny Instytut Geologiczny rozpoczął organizację krajowej sieci obserwacyjnej wód podziemnych. W zlewni Nidy założono wiele pojedynczych punktów obserwacyjno-badawczych stacji II rzędu i dwie stacje hydrogeologiczne I rzędu na terenie Kielc w Nałę-

czowie i w Białowieży (Belcarz-Rolewska, 1981; Taszek, 1982). Od 1991 r. weszły one także w skład sieci krajowej monitoringu stanu chemicznego wód podziemnych. W latach 1993–1994 zlewnia Nidy była także objęta monitoringiem wód podziemnych Górnej Wisły (Kleczkowski i in., 1993, 1995), a w latach 1992–2005 – monitoringiem regionalnym jakości wód podziemnych w województwie kieleckim (później świętokrzyskim) (Prażak i in., 1996, 2003).

Z innych prac o charakterze regionalnym, obejmujących całą lub znaczną część zlewni, należą także:

- „Kryteria i warunki optymalnej eksploatacji dużych ujęć wód podziemnych w regionie świętokrzyskim” (Prażak i in., 1990);
- „Strategia biernej ochrony wód podziemnych w regionie świętokrzyskim” (Prażak i in., 1998a) – wskazano w niej na priorytety działań ochronnych użytkowych poziomów wodonośnych;
- „Pozycja hydrodynamiczna i znaczenie gospodarcze de-wońskich zbiorników wód podziemnych w Górach Świętokrzyskich” (Prażak, 2012a).

Zagadnienia hydrogeologiczne w zlewni były także przedmiotem wielu prac naukowych, w tym trzech prac doktorskich:

- „Wpływ intensywnej eksploatacji wód podziemnych na stopień ich zagrożenia w południowym skrzydle synkliny kieleckiej” (Prażak, 1994b);
- „Hydrogeologiczne własności węglanowych skał de-wońskich w regionie świętokrzyskim” (Rzonca, 2001a);
- „Ocena migracji benzenu w wodach podziemnych na podstawie badań modelowych na wybranym obszarze zbiornika GZWP 417 Kielce” (Knez, 2007) – niepublikowana praca doktorska.

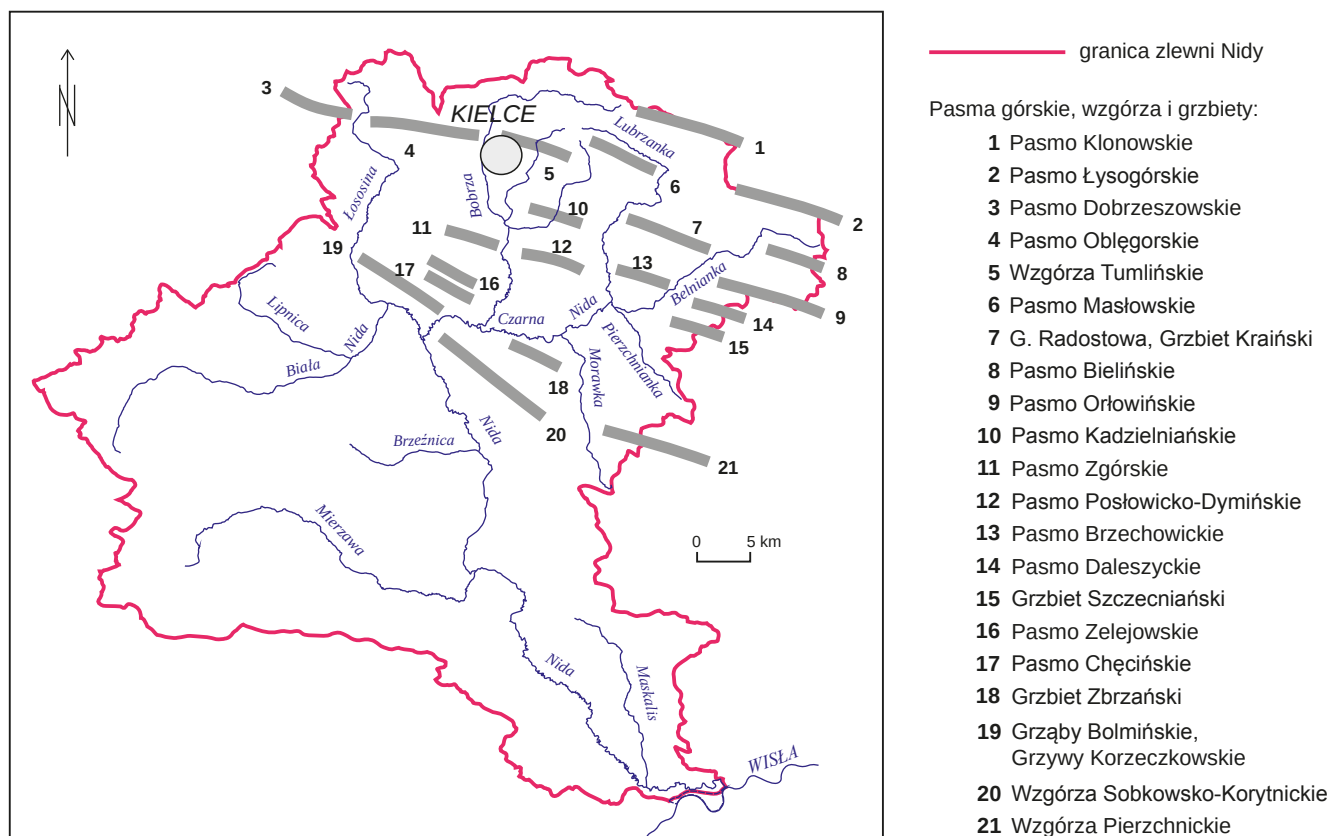
CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI

Zlewnia Nidy o powierzchni 3844,2 km² wchodzi w skład lewostronnego dorzecza górnej Wisły. Powierzchnia zlewni podawana w różnych materiałach jest odmienna. W niniejszej pracy przyjęto ją za dokumentacją hydrogeologiczną zasobów dyspozycyjnych zlewni Nidy (Rodzoch i in., 2012). Niemal cała znajduje się w granicach województwa świętokrzyskiego, a tylko niewielki jej fragment (źródłowa część zlewni Mierzawy) w przylegających od południowego zachodu województwach śląskim i małopolskim.

POŁOŻENIE GEOGRAFICZNE

Na tle podziału kraju na jednostki fizycznogeograficzne Kondrackiego (2001) zlewnia Nidy znajduje się w prowincji Wyżyny Polskie, podprowincji Wyżyna Małopolska. Niewielki fragment południowo-zachodniej części zlewni przynależy do podprowincji Wyżyna Śląsko-Krakowska, natomiast ujściowa część zlewni w dolinie Wisły do prowincji Karpaty i Podkarpacie (podprowincji Północne Podkarpacie, makroregionu Niecka Nadwiślańska).

Wschodnia część północnej granicy zlewni biegnie po szczytach gór Pasma Klonowskiego i Łysogórskiego Gór Świętokrzyskich. Najwyższy punkt stanowi tam góra Łysica o wysokości 612 m n.p.m. Poniżej, w kierunku południowym, teren ma charakter falistej i pagórkowatej wyżyny przechodzącej do płaskorówninnej w dolinach rzecznych. Wyróżnia się położone równolegle do Pasma Łysogórskiego Pasma Dobrzeszowskie, Pasma Oblęgorskie, Wzgórza Tumlińskie, Pasma Masłowskie, Góra Radostowa i Grzbiet Kraiński, Pasma Bielińskie, Pasma Orłowińskie, Pasma Kadzielniańskie, Pasma Zgórskie, Pasma Posłowicko-Dymińskie, Pasma Brzechowickie, Pasma Daleszyckie, Grzbiet Szczecniański, Pasma Zelejowskie, Pasma Chęcińskie, Grzbiet Zbrzański, Grząby Bolmińskie, Grzywy Korzeczkowskie, Wzgórza Sobkowsko-Korytnickie i Wzgórza Pierzchnickie. Na południowych zboczach Łysogór, zbudowanych z piaskowców kwarcowych, biorą swój początek dopływy Czarnej Nidy: Belnianka, Lubrzanka i Bobrza. Płyną one na południe przełomami poprzez położone na swej drodze ww. pasma górskie (ryc. 3).



Ryc. 3. Pasma górskie w zlewni Nidy

Południowo-zachodnią i południową część zlewni stanowi zbudowana ze skał kredowych Niecka Nidziańska. W morfologii terenu wyróżniają się tam płaskie garby i wyniesienia o wysokościach rzędu 240–300 m n.p.m. oraz szerokie obniżenia – niecki. Centralną część Niecki Nidziańskiej zajmuje ciągnąca się z północy na południe południkowo Dolina Nidy o szerokości od 1 km przy ujściu Łososiny do 10 km przy ujściu do Wisły. Pokryte marami, podmokłe dno doliny jest płaskie i znajdują się na nim głównie łąki i pastwiska. Dno doliny obniża się od ok. 205 m n.p.m. w miejscu połączenia się Czarnej i Białej Nidy do 173 m n.p.m. przy ujściu do Wisły.

WODY POWIERZCHNIOWE

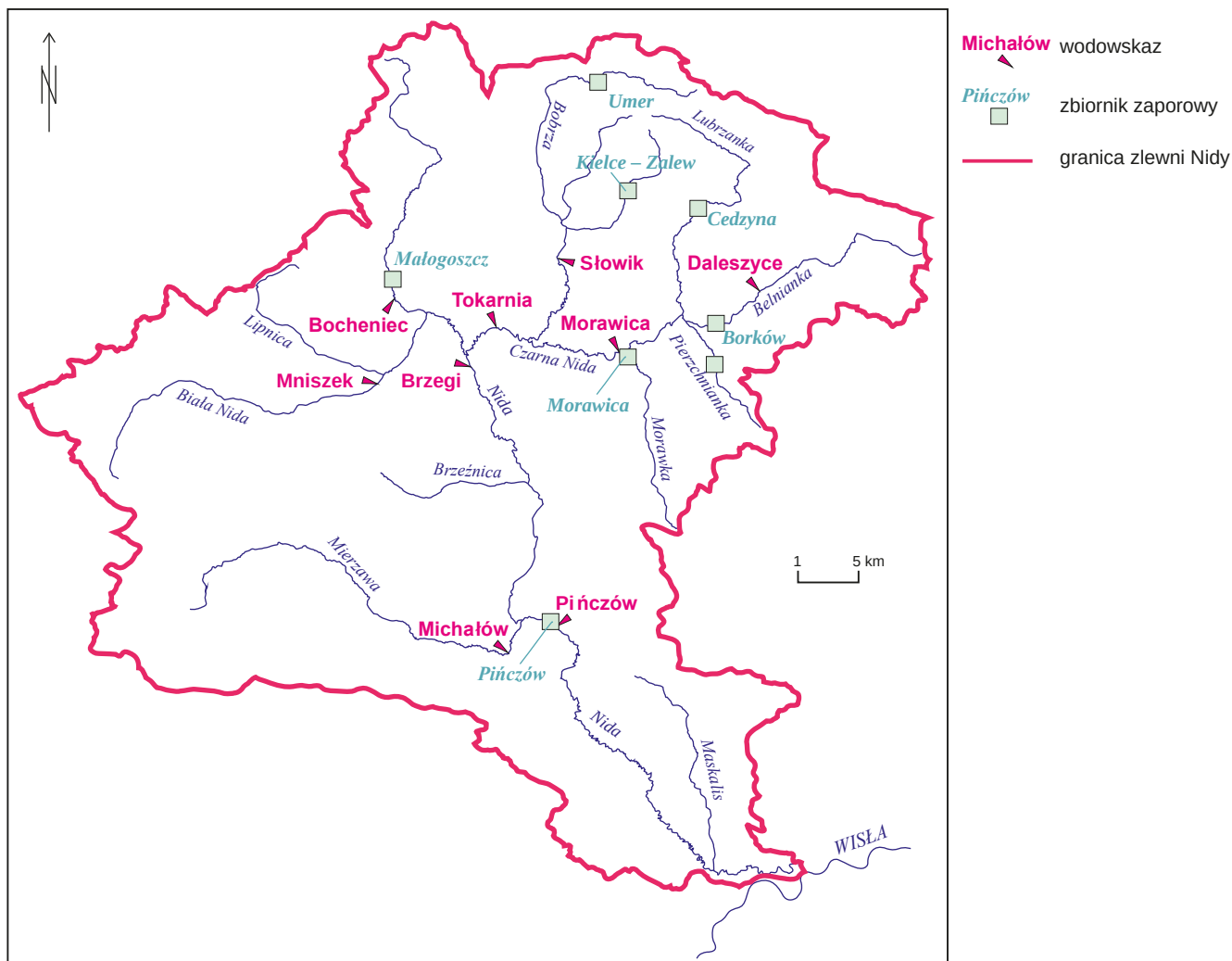
Rzeka Nida o długości 156,2 km jest lewobrzeżnym dopływem Wisły spływającym z południowych stoków zachodniej części Gór Świętokrzyskich (IMiGW, 2005). Jej źródła są położone na wysokości ok. 370 m n.p.m. W górnym biegu nosi nazwę Belnianka, a od połączenia z wpadającą do niej od północy Lubrzanką nazywana jest Czarną Nidą. Nieco poniżej zasila ją z południa Morawka, a kilka kilometrów poniżej dopływająca z północy Bobrza. Około 10 km dalej, w miejscowości Brzegi, Czarna Nida łączy się z dopływającą od zachodu Białą Nidą i płynie w kierunku południowym i południowo-wschodnim przez teren Niecki Nidziańskiej już jako rzeka Nida (fot. 1). Największymi dopływami Białej Nidy są dopływająca

z zachodu rzeka Lipnica i zasilająca ją od północy Łososina. Poniżej Brzegów Nidę zasilają prawobrzeżne dopływy Brzeznica i Mierzawa, a w ujściowym odcinku dopływający z północy lewobrzeżny dopływ Maskalis (ryc. 4). Rzędna rzeki przy ujściu do Wisły wynosi 167 m n.p.m.

Układ regionalny sieci rzecznej w regionie Gór Świętokrzyskich odcinkami jest zgodny z fałdowymi strukturami trzonu paleozoicznego biegnącymi w kierunku WNW–ESE. Spowodowała to aktywność neotektoniczna w młodszym kenozoiku. Wyniesienia pionowe wzdłuż uskokuw podłużnych (obecnie pasma wzgórz) były większe niż zdolność erozyjna rzek. Rzeki zaczęły zmieniać swój kierunek



Fot. 1. Dolina Nidy w rejonie Pińczowa



Ryc. 4. Sieć rzeczna, wodowskazy i zbiorniki zaporowe wód powierzchniowych w zlewni Nidy

z poprzecznego do struktur geologicznych na równoległy do nich. Przez zaznaczające się do dzisiaj wyniesienia rzeki przepływają przełomami poprzez opisane powyżej pasma wzgórz w strefach rozluźnień tektonicznych na uskokuach poprzecznych (Kowalski, 2000, 2001) (ryc. 3; fot. 2).

Naturalny proces kształtowania się zasobów wód powierzchniowych w zlewni Nidy został częściowo zaburzony przez zabudowę hydrotechniczną, zrzuty ścieków komunalnych i odprowadzanie wód kopalnianych. Do zabudowy hydrotechnicznej należą zbiorniki małej retencji: zaporowe powodujące zalanie terenów przyległych, zbiorniki na ciekach nie powodujące zalania terenów przyległych i zbiorniki kopane (stawy). Według Katastru wodnego Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej (RZGW) w Krakowie jest ich 167, w tym siedem to większe zbiorniki zaporowe o powierzchni zbliżonej lub większej niż 0,1 km² – Cedzyna na rzece Lubrzance (0,53 km²) (fot. 3), Bor-

ków na rzece Belniance (0,36 km²), Morawica na rzece Morawce (0,12 km²), Pińczów na starorzeczu Nidy (0,11 km²), Kielce-Zalew na rzece Silnicy (0,10 km²), Małogoszcz na



Fot. 2. Przełom rzeki Bobrzy pomiędzy pasmami Zgórkim a Posłowskim

Wiernej Rzece (0,1 km²), Wojciechów na rzece Pierzchniance (0,09 km²).

Do rzek odprowadzane są ścieki z komunalnych oczyszczalni, z tym, że największy ich zrzut pochodzi z oczyszczalni komunalnej Kielc w Sitkówce (0,4 m³/s). Do rzek zrzucają się także wody z odwodnienia siedmiu kopalń wapieni i dolomitów w łącznej ilości ok. 0,8 m³/s. Zabudowa hydrotechniczna i zbiorniki zaporowe wzbogacają przepływy niskie, a zbiorniki zaporowe pełnią jednocześnie rolę zabezpieczenia przeciwpowodziowego. Przepływy niskie wzbogacają także ścieki z oczyszczalni i wody kopalniane.

Przepływy rzeki Nidy i jej dopływów są mierzone na kilku posterunkach wodowskazowych (ryc. 4). Obliczone dla nich przepływy charakterystyczne rzek są zamieszczone w tabeli 1. Przy ujściu do rzeki Wisły przepływ średni Nidy w latach 1951–1995 wynosił 20,7 m³/s, a moduł odpływu średniego ze zlewni 0,0054 m³/s. Analogiczny moduł obliczony dla cząstkowych zlewni wodowskazowych z wielolecia 1986–2000 był zbliżony i wynosił od 0,0041 (rzeka Mierzawa, wodowskaz Michałów) do 0,0054 (rzeka Nida, wodowskaz Brzegi) (Koślacz i in., 2009). Analiza reżimu hydrologicznego zlewni wykazuje także wyraźnie wyższe wartości przepływów w półroczu zimowym niż w półroczu letnim.

Wody rzeczne są w znacznym stopniu zanieczyszczone. Według ogólnej oceny stan jednolitych części wód powierzchniowych zlewni Nidy w latach 2010–2015 był zły z wyjątkiem wód Wiernej Rzeki (Łososiny), które miały stan dobry (WIOŚ w Kielcach, 2017).

KLIMAT

Według regionalizacji Wosia (1996) zlewnia znajduje się niemal w całości w regionie zachodniomałopolskim, a tylko jej północno-wschodnia część z Łysogórami jest położona w regionie wschodniomałopolskim, a tylko niewielki obszar Niziny Nadwiślańskiej w regionie Tarnowsko-Rzeszowskim (*Atlas Rzeczypospolitej...*, 1997).

Opady atmosferyczne zasilające zbiorniki wód podziemnych w zlewni są bardzo zróżnicowane i wykazują wyraźną zależność od wysokości terenu. W rejonie Łysogór



Fot. 3. Zbiornik zaporowy na rzece Lubrzance w Cedzynie k. Kielc

w północno-wschodniej części zlewni średni opad roczny z lat 1951–1970 przekracza nieco 800 mm, na Wyżynie Przedborskiej w zachodniej części i Wyżynie Kieleckiej we wschodniej części wynosi ok. 650 mm, a na obszarze Niecki Nidziańskiej i w dolinie Wisły kształtuje się poniżej 600 mm (IMiGW, 1987) (ryc. 5).

BUDOWA GEOLOGICZNA

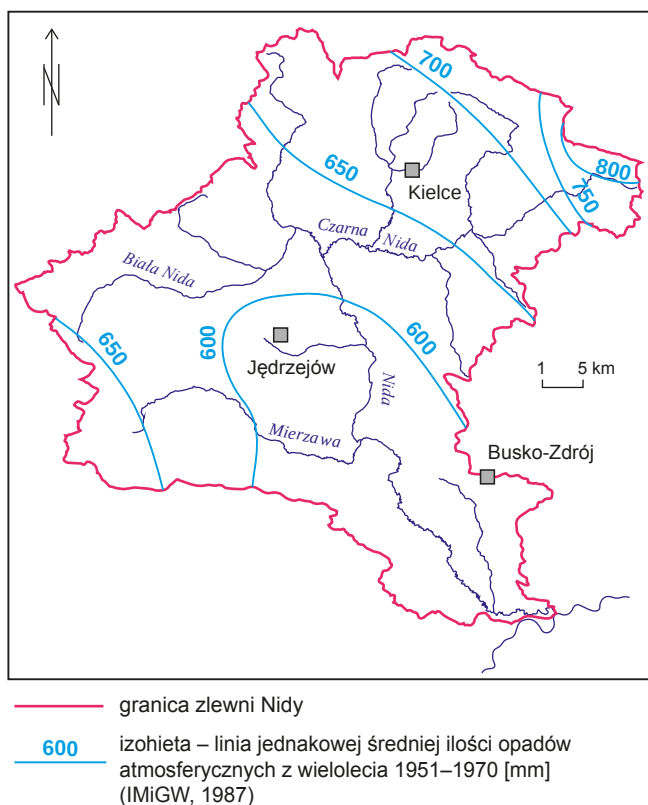
Północna część zlewni obejmuje zachodnie partie trzonu paleozoicznego i południowo-zachodnią część obrzeżenia permsko-mezozoicznego Gór Świętokrzyskich, natomiast część południowa – fragment niecki miechowskiej. Na południowo-wschodnim skraju zlewni na utworach starszych zalegają niezgodnie utwory neogenu brzeżnej strefy zapadliska przedkarpackiego (ryc. 6). Osady czwartorzędowe występują pomiędzy licznymi wychodniami utworów starszych. Wyżej wymienione struktury geologiczne są zbudowane z utworów różnego wieku – od kambru do czwartorzędu. Obecny kształt budowy geologicznej podłoża przedczwartorzędowego został ukształtowany w orogenezach: kaledońskiej, hercyńskiej, kimeryjskiej i alpejskiej, a także w czwartorzędowych ruchach neotektonicznych.

Trzon paleozoiczny Gór Świętokrzyskich budują utwory kambru, ordowiku, syluru, i dewonu. Zalegają one w północno-wschodniej części zlewni w strukturach

Tabela 1

Średnie przepływy zimowe, letnie i roczne dla wodowskazów w zlewni Nidy w okresie 1986–2000 (Koślacz i in., 2009)

Rzeka	Wodowskaz	Powierzchnia zlewni cząstkowej [km ²]	Półrocz zimowe [m ³ /s]	Półrocz letnie [m ³ /s]	Rok [m ³ /s]	Moduł średniego odpływu rocznego [m ³ /s·km ²]
Nida	Mniszek	438,78	2,13	1,97	2,05	0,0047
Nida	Brzegi	2 263,77	14,40	10,10	12,30	0,0054
Nida	Pińczów	3 323,40	19,50	14,10	16,80	0,0051
Łososina Wierna Rzeką	Bocheniec	294,26	1,77	0,94	1,36	0,0046
Czarna Nida	Morawica	762,27	4,65	2,66	3,65	0,0048
Czarna Nida	Tokarnia	1 211,74	7,65	5,03	6,34	0,0052
Mierzawa	Michałów	552,84	2,30	2,27	2,28	0,0041



Ryc. 5. Opady atmosferyczne w zlewni Nidy

fałdowych o przebiegu ESE–WNW uformowanych w trakcie orogenezy kaledońskiej, hercyńskiej i w fazie laramijskiej orogenezy alpejskiej (ryc. 7). W antyklinach odsłaniają się skały starszego paleozoiku – kambr dolny wykształcony w postaci piaskowców, mułowców i iłowców, natomiast kambr górny w postaci piaskowców kwarcowych (techniczna nazwa kwarcyty). Ordowik jest bardzo zmienny litologicznie. Reprezentują go piaskowce, szarogłazy, mułowce, iły i iłowce, niekiedy z rudami żelaza. Sylur jest wykształcony głównie w postaci warstw ilastych. Do utworów starszego paleozoiku, odsłaniających się w jądrach antyklin, należą także piaskowce i mułowce dewonu dolnego. Młodsze stratygraficznie wapienie, dolomity i margle dewonu środkowego i górnego oraz łupki i mułowce karbonu dolnego występują w jądrach synklin. Struktury fałdowe są przecinane licznymi uskokami poprzecznymi o przebiegu N–S i SSE–NNW, rzadziej uskokami podłużnymi o przebiegu ESE–WNW (Konon, 2006).

Obrzeżenie permisko-mezozoiczne Gór Świętokrzyskich jest zbudowane ze skał górnego permu, triasu i jury. Leżą one niezgodnie na utworach trzonu paleozoicznego, otaczając go od północy, zachodu i południa. Uformowane są w szerokopromienne fałdy o osiach biegnących głównie w kierunku SE–NW. Struktury te zaburzają liczne uskoki poprzeczne i podłużne, dzieląc je na szereg różnej wielkości struktur blokowych. Najstarsze są utwory górnego permu wykształcone w postaci zlepieńców z wapieni dewońskich, margli, mułowców i piaskowców. Ze względu na podobne wykształcenie litologiczne są one często wydzielane wspólnie z piaskowcami, mułowcami i iłowcami triasu dolnego

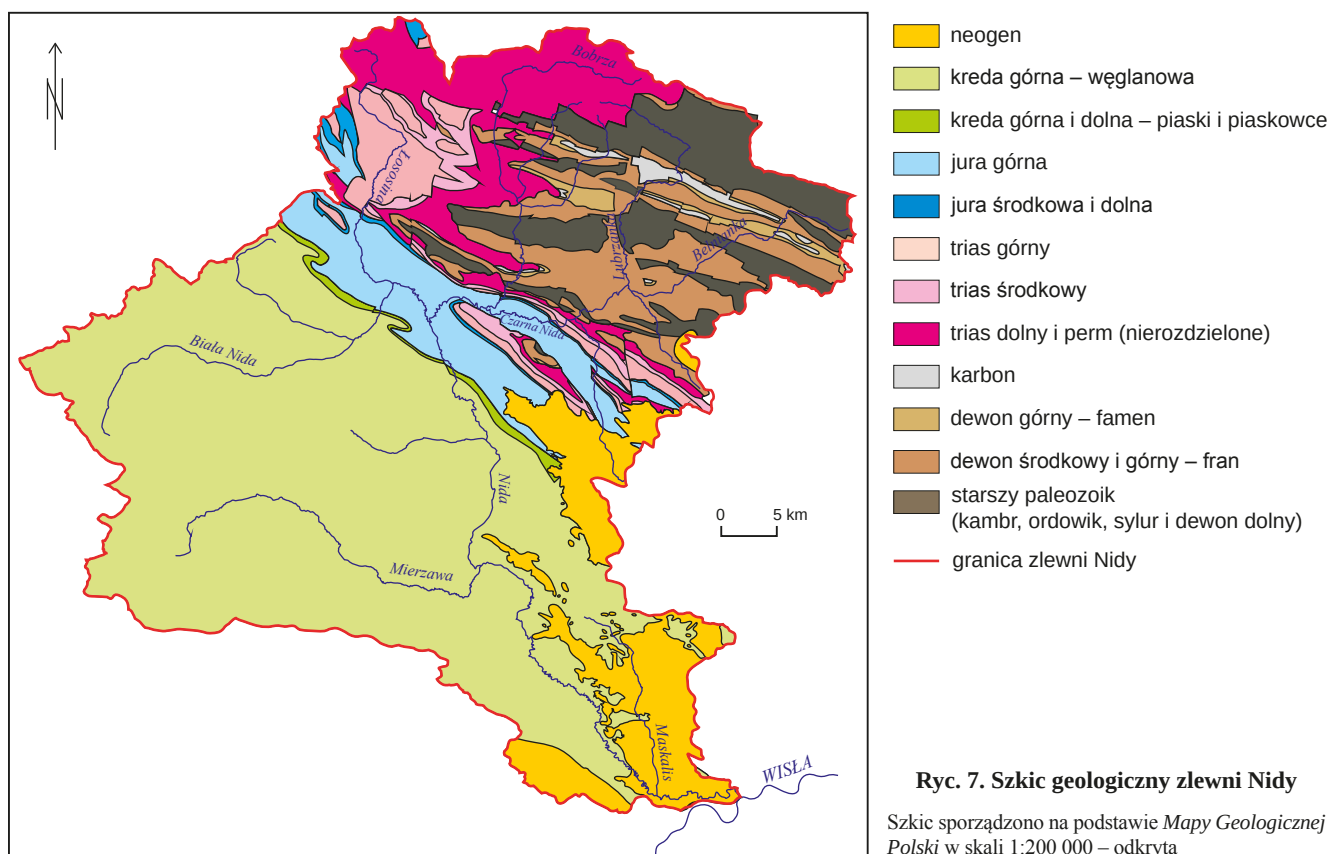
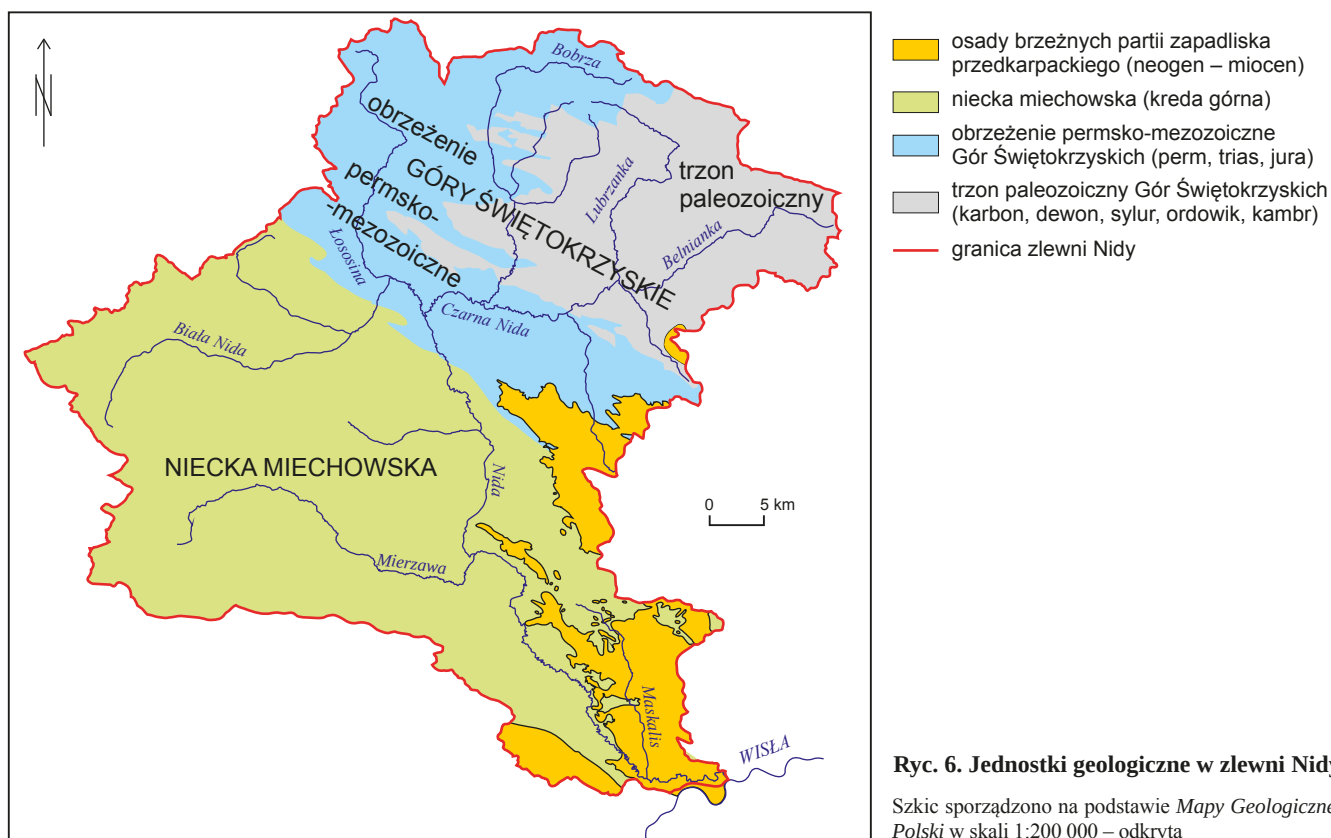
jako „nierozdzielone”. Skały te mają charakterystyczną czerwonobrunatną barwę. Najwyższa część triasu dolnego (ret) wykształcona jest natomiast w postaci wapieni i margli. Trias środkowy reprezentują warstwy wapieni i margli, a utwory triasu górnego – iły, iłowce i mułowce z cienkimi wkładkami piaskowców. Zmienna jest także litologia utworów jurajskich. Jura dolna i środkowa jest wykształcona w postaci naprzemianległych warstw mułowców, piaskowców, łupków i iłowców, natomiast jura górna ze skał węglanowych (w dolnej części wapienie skaliste oksfordu, a w wyższej wapienie, margle i margle ilaste kimerydu).

Niecka miechowska jest zbudowana z utworów kredy górnej. Na jej północno-wschodniej granicy z utworami jury górnej obrzeżenia permisko-mezozoicznego Gór Świętokrzyskich odsłaniają się wąskim pasem piaski i piaskowce glaukonitowe cenomamu o charakterystycznej zielonkawej barwie i miąższości kilkudziesięciu metrów. Na nich zalegają wypełniające nieckę margle i wapienie. Zapadają one pod kątem kilku stopni na południowy wschód ku centrum niecki. Pofałdowane nieco są jedynie w brzeżnej strefie niecki na granicy z utworami jury górnej.

Neogen zapadliska przedkarpackiego jest reprezentowany przez osady morza miocenckiego. Leżą one niezgodnie na starszych utworach w rejonie ujściowego odcinka rzeki Nidy. Na wschód od rzeki, w północnej części podczwartorzędowych wychodni neogenu zalegają iły, piaskowce, piaski i żwiry sarmatu, spod których na zachodnim skraju wychodni odsłaniają się wapienie, margle i piaskowce serii litotamniowej badenu. W części południowej utwory sarmatu są reprezentowane przez iły facji iłów krakowieckich z cienkimi przewarstwieniami mułowców i piaskowców, spod których na zachodnim skraju odsłaniają się margle i gipsy badenu. Na południowy zachód od ujściowego odcinka Nidy zalegają natomiast iły i piaski warstw grabowieckich badenu. Poza obszarem zwartego występowania utworów neogenu, spotykany on jest jeszcze w postaci wielu niewielkich, odizolowanych płatów na przedpolu jego zachodniej granicy.

Osady czwartorzędowe leżą pomiędzy licznymi wychodniami starszego podłoża. Są to głównie utwory zlodowacenia odry, z tym że pod nimi spotyka się lokalnie szczątkowe osady zlodowaceń sanu i nidy. Wykształcone są one w postaci iłów, mułków i piasków zastoiskowych o miąższości od kilku do ok. 40 m, glin zwałowych o miąższości od kilku do kilkunastu metrów i piasków fluwioglacjalnych o miąższości od kilku do kilkunastu metrów. Młodsze stratygraficznie są osady rzeczne budujące tarasy bałtycki i holoceński oraz osady eoliczne – lessy i wydmy z okresu zlodowacenia bałtyckiego i wczesnego holocenu. Na stokach garbów starszego podłoża spotykamy często ilaste deluwia.

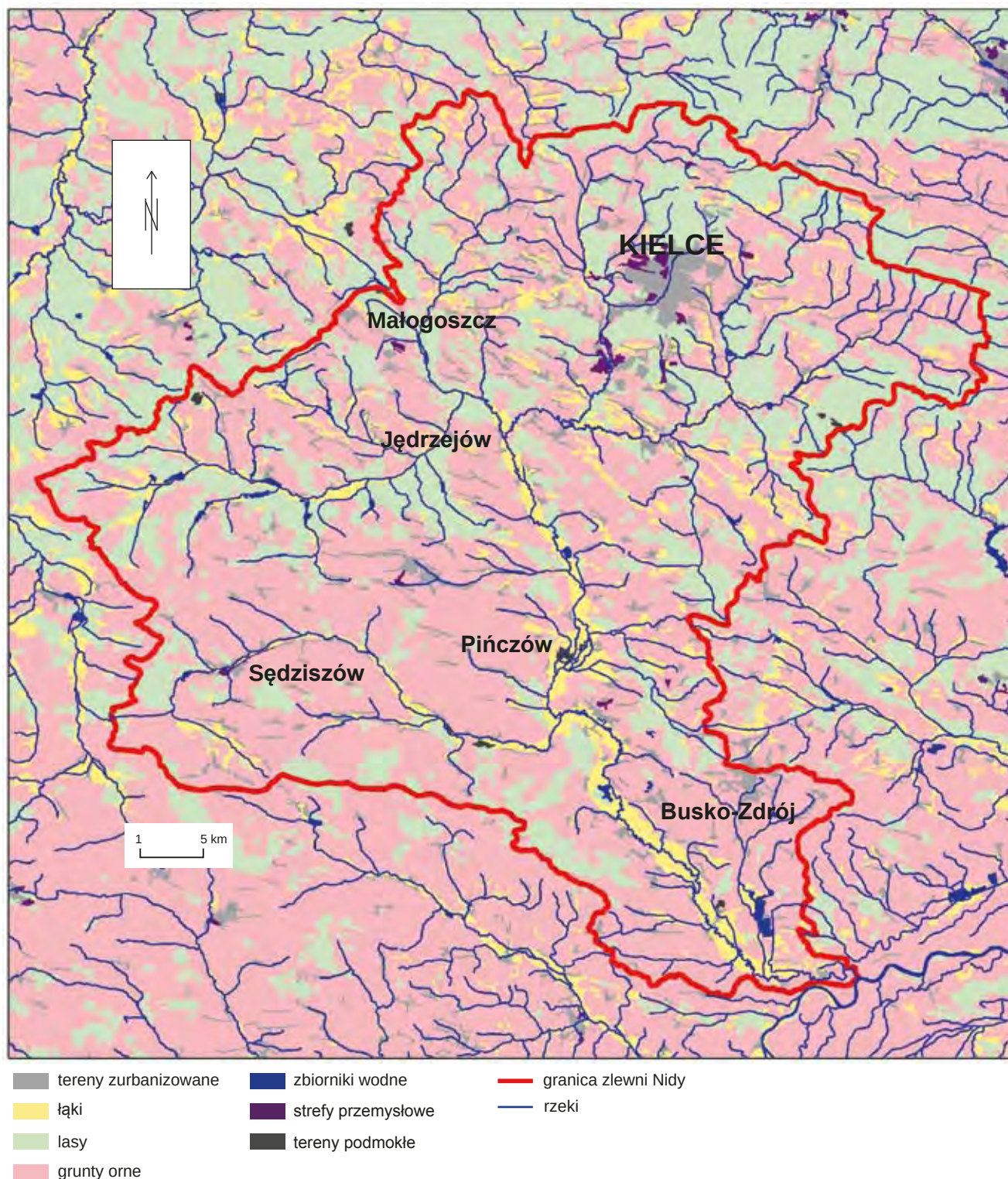
Uwaga: Budowa geologiczna opisanych jednostek strukturalnych ma bardzo bogatą literaturę. Na potrzeby niniejszej pracy autor wykorzystał przede wszystkim *Mapę Geologiczną Polski 1:200 000* wyd. A i B (wyd. podstawowe 1:50 000) arkusze: Częstochowa, Kielce, Sandomierz, Kraków, Tarnów i Mielec oraz *Szczegółową Mapę Geologiczną Polski 1:50 000*.



ZAGOSPODAROWANIE TERENU

Teren zlewni ma charakter wybitnie rolniczy. Użytki rolne zajmują 69% powierzchni, a lasy borowe i mieszane ok. 22%. W jego obrębie znajduje się kilka dużych miast: Kielce, Jędrzejów, Pińczów, Busko-Zdrój i Sędziszów. Strefy przemysłowe są głównie zlokalizowane w północnej części zlewni (ryc. 8). W Kielcach są to zakłady przemysłu maszy-

nowego i spożywczego, a w ich okolicy znajdują się duże zakłady cementowo-wapiennicze (Małogoszcz, Sitkówka-Nowiny, Trzuskawica) oraz liczne kopalnie i zakłady przeróbce surowców skalnych. W południowej części zlewni ośrodki przemysłowe są niewielkie. Eksploatowane są tam złoża gipsów, wapieni, piasków i surowców ilastych oraz siarczkowe wody lecznicze, na bazie których funkcjonują mające ponad stuletnią tradycję uzdrowiska w Busku-Zdroju.



Ryc. 8. Zagospodarowanie terenu zlewni Nidy (wg CORINE Land Cover, 2006)

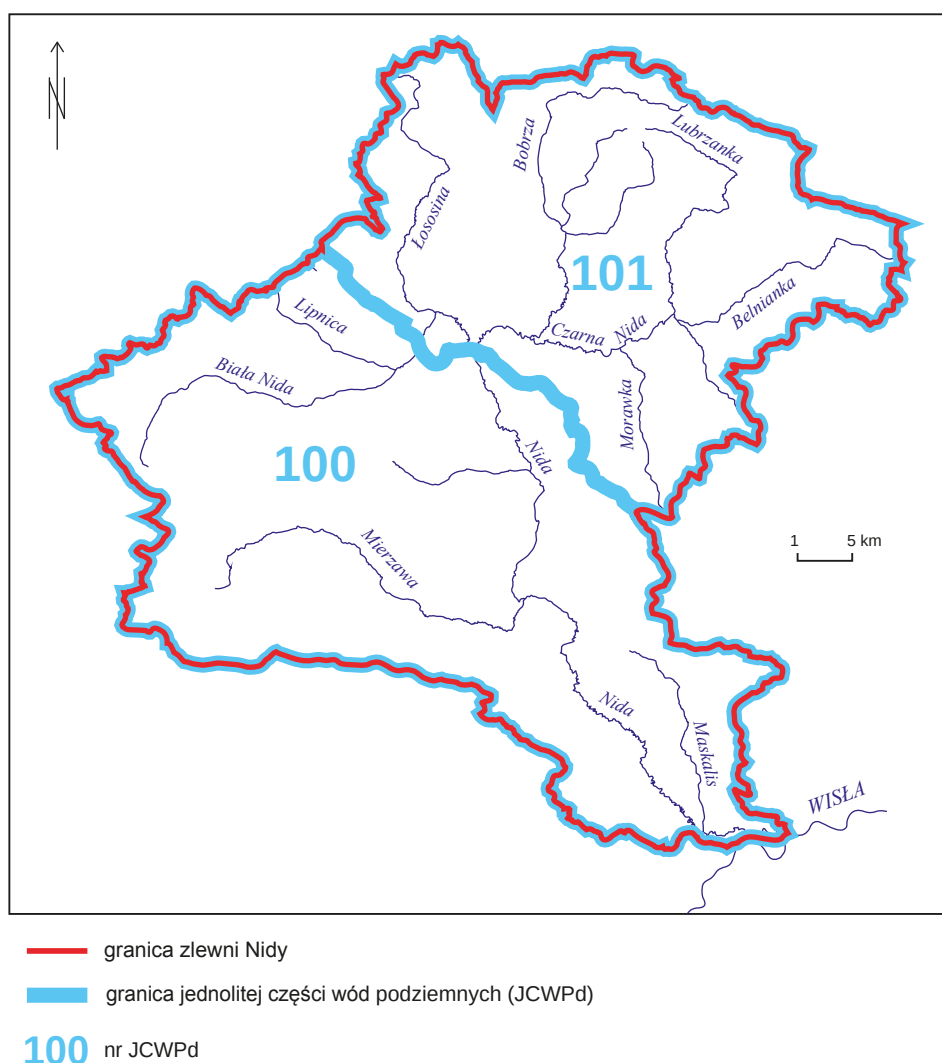
ZLEWNIA NIDY NA TLE HYDROGEOLOGICZNYCH PODZIAŁÓW REGIONALNYCH

Starsza regionalizacja hydrogeologiczna nawiązywała do głównych struktur geologicznych. Według wydanej przez Instytut Geologiczny *Mapy Hydrogeologicznej Polski* w skali 1:1 000 000 zlewnia Nidy znajduje się na obszarze świętokrzyskim i śląsko-miechowskim (Kolago, 1970). Według regionalizacji przyjętej na *Mapie głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony* górna część zlewni (północna) jest położona w masywie świętokrzyskim, a dolna (południowa) na obszarze niecki miechowskiej, zbudowanej z utworów kredy. Wschodni skraj południowej części zlewni obejmuje natomiast neogeński zbiornik Bogucice w zapadlisku przedkarpackim (Kleczkowski, 1990a, b). Oparty na tych samych zasadach podział przyjęto w siódmym tomie książki „Budowa geologiczna Polski. Hydrogeologia”. Wyróżniono w niej region świętokrzyski, region miechowski (nidziański) i przedkarpacki. W *Atlasie hydrogeologicznym Polski 1:500 000* północna część zlewni znajduje się w obejmującym masyw

świętokrzyski regionie X – środkowomałopolskim, a południowa – w obejmującym niecką miechowską regionie XI – nidziańskim. Brzeżny skraj osadów zapadliska przedkarpackiego należy natomiast do regionu XIII – przedkarpackiego (Paczyński, 1993, 1995).

Inną zasadę regionalizacji, nawiązującą głównie do morfologii terenu i podziału hydrograficznego, przyjęli B. Paczyński i A. Sadurski w „Hydrogeologii regionalnej Polski” (2007). Według nich zlewnia Nidy leży w regionie środkowej Wisły, subregionie środkowej Wisły wyżynnym (Prażak, 2007), w jego centralnej części, obejmującej region świętokrzyski i nieckę miechowską, a brzeżny skraj zapadliska przedkarpackiego w zlewni przynależy do regionu górnej Wisły.

Obecnie w praktyce gospodarki wodnej jest stosowany zgodnie z wymogami Unii Europejskiej podział kraju na jednolite części wód podziemnych (JCWPd). Na tle obecnego podziału Polski na 172 w zlewni Nidy wydzielone są w całości dwie JCWPd: nr 100 – obejmuje nieckę miechowską (1625,4 km²) i nr 101 – obejmuje trzon paleozoiczny wraz z obrzeżeniem mezozoicznym Gór Świętokrzyskich (2221,5 km²) (ryc. 9).



Ryc. 9. Jednolite części wód podziemnych w zlewni Nidy

ŚRODOWISKO WÓD PODZIEMNYCH

PIĘTRA I POZIOMY WODONOŚNE

W granicach zlewni Nidy w ujęciu stratygraficznym występuje 11 pięter wodonośnych, w tym dwa kenozoiczne (czwartorzędowe, neogeńskie), trzy mezozoiczne (kredowe, jurajskie, triasowe) i sześć paleozoicznych (permskie, karbońskie, dewońskie, sylurskie, ordowickie, kambryjskie) (ryc. 7). Ich zasobność i użytkowe znaczenie dla zaopatrzenia w wodę jest różne, często nawet w obrębie tego samego piętra. Liczne poziomy i warstwy wodonośne można w części zgrupować w kompleksy wodonośne o podobnych ośrodkach skalnych i parametrach hydrogeologicznych.

W akapicie przedstawiono ogólny schemat rozmieszczenia pięter wodonośnych w zlewni Nidy. Piętro czwartorzędowe tworzy nieciągłą pokrywę wszystkich starszych warstw wodonośnych. Piętro neogeńskie, występujące na niewielkim obszarze w południowo-wschodniej części zlewni, zalega niezgodnie na utworach starszych. Reprezentuje je poziom mioceński brzeżnej strefy zapadliska przedkarpackiego. Piętro kredowe niecki miechowskiej odsłania się w całej południowej części zlewni. Na północny wschód od niego leżą piętra jurajskie, triasowe i permskie obrzeżenia permsko-mezozoicznego Gór Świętokrzyskich, a w północno-wschodniej części terenu odsłaniają się spod nich piętra trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich – dewońskie, sylurskie, ordowickie, kambryjskie.

Piętro czwartorzędowe. Wody podziemne występują w ośrodkach porowych o zmiennej miąższości – od kilku do lokalnie 50 m. Spotykamy je niemal na całym obszarze zlewni. Użytkowy charakter mają w nim tylko wysoko i średnio wodonośne piaski rzeczne w dolinach Nidy, Białej Nidy, Czarnej Nidy, Łososiny, Belnianki, Lubrzanki i Bobrzy. Rangę głównego poziomu użytkowego mają tylko miejscami, najczęściej wspólnie z niżej leżącymi starszymi poziomami wodonośnymi. Mułkowo-ilaste osady zastoiskowe, gliny zwałowe i fluwiogłacjalne piaski ze żwirem, ilaste deluwia i lessy na wysoczyźnie i garbach starszego podłoża nie stanowią na ogół użytkowych zbiorników wód podziemnych. W latach ubiegłych powszechnie ujmowano z nich wodę studniami kopanymi i piętro to miało o wiele większe znaczenie gospodarcze. Ze względu na swe duże rozprzestrzenienie i pozycję hydrodynamiczną osady czwartorzędowe w znacznym stopniu decydują o wielkości zasilania wód podziemnych przez infiltrację efektywną opadów atmosferycznych.

Piętro neogeńskie. W granicach zlewni Nidy występuje poziom mioceński brzeżnej strefy zapadliska przedkarpackiego. Słodkie wody podziemne występujące w piaskach, mułkach, wapieniach i gipsach nie mają tam większego znaczenia użytkowego, szczególnie, że w wielu miejscach na głębokości kilkudziesięciu metrów występują najczęściej wody o podwyższonej mineralizacji (powyżej 1 g/l).

Piętro kredowe. Reprezentowane jest przez poziom górnokredowy w niecce miechowskiej. We wschodniej części zlewni kontynuuje się on pod poziomem mioceńskim

zapadliska przedkarpackiego. Składa się z serii węglanowej i występującej w spągu serii piaskowców i piasków glaukonitowych cenomanu. Margle i wapienie serii węglanowej stanowią ośrodek skalny, który na tym terenie jest wyraźnie dwudzielny. Stropowa ich część (do głębokości 80–100 m) ma korzystne parametry hydrogeologiczne i znaczenie użytkowe. Poniżej szczeliny skalne są zaciśnięte, a skały stają się półprzepuszczalne i nieprzepuszczalne. Zalegające poniżej piaski i piaskowce glaukonitowe cenomanu odsłaniają się tylko w wąskiej strefie na granicy z piętrzem jurajskim, gdzie występują w nich wody słodkie. Ich miąższość jest niewielka, rzędu 30–100 m, lecz mają duże rozprzestrzenienie pod półprzepuszczalnymi warstwami serii węglanowej. W dolnej części zlewni, w rejonie Buska-Zdroju występują w nich wody zmineralizowane i termalne, eksploatowane jako wody lecznicze.

Uwaga: W wielu opracowaniach regionalnych piaski i piaskowce cenomanu łączy się z podobnie wykształconym litologicznie poziomem dolnokredowym (piaski i piaskowce glaukonitowe, lokalnie z wkładkami wapieni). Na omawianym terenie brak jest utworów albu, a piaski i piaskowce cenomanu leżą bezpośrednio na wapieniach poziomu górnourajskiego.

Piętro jurajskie. Obejmuje poziomy: górn-, środkowo- i dolnojurajski. Poziom górnourajski stanowi seria wapieni. W górnej części są one cienkoławicowe i bardziej margliste o niskich parametrach filtracji, natomiast w dolnej części są to wapienie skaliste o znacznie wyższej wodonośności. Piętra środkowo- i dolnojurajskie są wykształcone podobnie, w postaci nieciągłych i zaangażowanych tektonicznie warstw piaskowców przewarstwionych mułowcami i iłowcami. Są to osady lądowo-morskie stanowiące typowy ośrodek szczelinowo-porowy. Ich wodonośność zależy głównie od udziału piaskowców w profilu otworu studziennego. Poziomy te są zazwyczaj wydzielane łącznie jako jeden poziom środkowo- i dolnojurajski.

Piętro triasowe jest wyraźnie zróżnicowane. Poziom górnotriasowy jest reprezentowany przez cienkie i rzadko występujące wkładki mułowców i piaskowców w obrębie przeważającej serii iłów i iłowców. Poziom środkowotriasowy buduje seria wapieni (lokalnie margli) o zmiennej wodonośności. Poziom dolnotriasowy stanowią natomiast warstwy wodonośnych piaskowców i mułowców (lokalnie zlepieńców), często o wysokich parametrach filtracji z przewarstwieniami iłów i iłowców.

Piętro permskie – poziom górnopermski jest wykształcony podobnie jak poziom dolnotriasowy i często wydzielany się je jako jeden wspólny, połączony poziom wodonośny.

Piętro karbońskie. Występuje lokalnie w postaci utworów węglanowych o niewielkim rozprzestrzenieniu w obrębie półprzepuszczalnych i/lub nieprzepuszczalnych łupków krzemionkowych. Partie węglanowe nie stanowią użytkowych zbiorników wód podziemnych.

Piętro dewońskie. Składa się z trzech, wyraźnie zróżnicowanych litologicznie i pod względem przepuszczalności

poziomów wodonośnych. Najwyższe, wykształcone w postaci wapieni marglistych i margli partie poziomu górnodewońskiego (famen) są słabo przepuszczalne i ich znaczenie użytkowe jest stosunkowo niewielkie. Dolna część poziomu górnodewońskiego (fran) i niżej leżący środkowodewoński poziom wodonośny są wykształcone w postaci gruboławicowych wapieni rafowych i dolmitów. Najczęściej są one wydzielane wspólnie jako jeden środkowo- i górnodewoński poziom wodonośny. Ich parametry filtracji i wodonośność zależą głównie od stopnia spękania i skrasowienia wapieni – najwyższe są w strefach uskokowych. Wraz z poziomem górnodewońskim i piętrzem karbońskim wypełnia on struktury synklinealne trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich.

Piętra/poziomy staropaleozoiczne obejmują poziom dolnodewoński wraz z piętrami sylurskim, ordowickim i kambryjskim. W przewodzie są to piaskowce kwarcowe, mułowce, iłowce i łupki. Ze względu na niskie parametry filtracji wydziela się je zazwyczaj w jedną grupę skał półprzepuszczalnych i nieprzepuszczalnych. Odsłaniają się głównie w jądrach antyklin i stanowią regionalne bariery w krążeniu wód podziemnych. Zawodnione są zazwyczaj tylko w swych zwietrzałych, stropowych partiach o miąższości od kilku do kilkunastu metrów, gdzie mogą stanowić niekiedy miejscowe zbiorniki wód podziemnych.

Miąższość strefy aktywnego krążenia wód podziemnych wyżej opisanych pięter i poziomów wodonośnych w zlewni Nidy ocenia się na ok. 150 m. W niższych partiach ma miejsce głęboki drenaż regionalny z pominięciem rzeki Nidy. Ocenia się, że wynosi on ok. 5% całkowitego drenażu wód podziemnych z badanej zlewni.

Współczynniki filtracji wyżej opisanych pięter i poziomów wodonośnych są bardzo zróżnicowane. Ich zakres i wartości średnie podano w tabeli 2.

OŚRODKI SKALNE

W strefie aktywnego krążenia wód podziemnych, w których gromadzą się i przepływają wody podziemne, ośrodki skalne w zlewni są bardzo zróżnicowane. Są to ośrodki porowe, szczelinowo-porowe, szczelinowe i szczelinowo-krasowe. Ich rozmieszczenie na terenie w przedczwartorzędowych poziomach wodonośnych pokazano na rycinie 10.

Ośrodki porowe stanowią osady czwartorzędowe i część osadów miocenijskich. Zalegają one nieciągłą pokrywą na utworach starszych. Są bardzo zróżnicowane litologicznie i wyróżnia się w nich dwa rodzaje. Pierwszy stanowią piaski, piaski ze żwirem i żwiry, w których zachodzi zarówno przepływ pionowy, jak i poziomy o współczynniku filtracji $>1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Drugi rodzaj stanowią natomiast półprzepuszczalne, bardziej ilaste gliny zwałowe i zwietrzelinowe oraz deluwia, osady zastoiskowe i lessy o współczynniku $<1 \cdot 10^{-6}$ m/s, w których zachodzi głównie przepływ pionowy, a przepływ poziomy jest znacznie ograniczony lub go brak. Ośrodek ten jest często wielowarstwowy, a warstwami rozdzielającymi są gliny zwałowe lub mułki i ropy zastoiskowe.

Ośrodki szczelinowo-porowe są reprezentowane przez warstwy piaskowców i lokalnie zlepieńców przewarstwione zazwyczaj warstwami iłów, iłowców i/lub mułowców. Są to skały różnego wieku: kredy górnej (cenomanu), jury środkowej i dolnej, triasu górnego, triasu dolnego, permu górnego i lokalnie dewonu dolnego. Ośrodkiem szczelinowo-porowym są także zwietrzałe, stropowe partie uznawanych powszechnie za nieprzepuszczalne skał piaskowców kwarcowych, łupków, mułowców i iłowców karbonu dolnego i starszego paleozoiku. Przepływ wody odbywa się w nich zarówno w przestrzeni porowej, jak i w szczelinach skał (podwójna porowatość). Ponieważ brak jest szczegółowych badań porowatości efektywnej, która niewątpliwie jest bardzo

Tabela 2

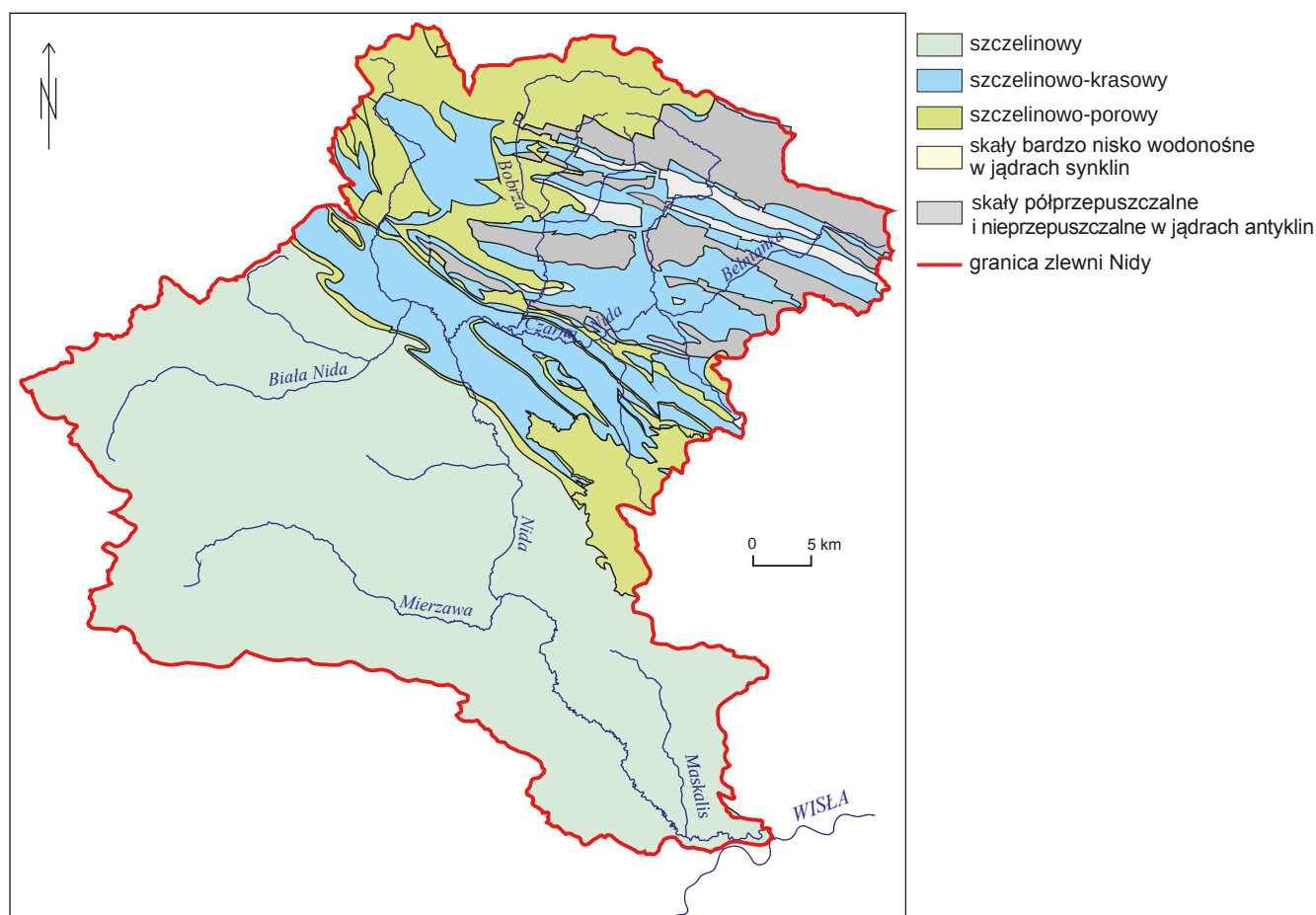
Współczynniki filtracji pięter/poziomów wodonośnych w zlewni Nidy

Piętro wodonośne	Poziom wodonośny	Współczynnik filtracji [m/s]		
		od	do	średni
Czwartorzędowe	osady rzeczne i fluwioglacjalne	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Neogeńskie	miocenijski	–	–	–
Kredowe	górnokredowy seria węglanowa do głębokości 80–100 m	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
	górnokredowy cenoman	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Jurajskie	górnójurajski	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$
	środkowójurajski	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$
	dolnojurajski			
Triasowe	górnotriasowy	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$
	środkowotriasowy	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
	dolnotriasowy	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Permskie	górnopermski			
Dewońskie	górnodewoński	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$
	środkowodewoński	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Piętra staropaleozoiczne	–	$<1 \cdot 10^{-6}$		

zróznicowana, to w obliczeniach hydrogeologicznych szacuje się ją na 10–30%. Poza typowo morskimi utworami kredy są to w przewadze osady lądowo-morskie, charakteryzujące się dużą zmiennością wodoprzewodności i rozprzestrzenienia. Poszczególne warstwy wodonośnych piaskowców są poroździelane półprzepuszczalnymi i nieprzepuszczalnymi ilami, iłowcami, mułowcami. Dodatkowo warstwy te są często zaburzone tektonicznie, co dodatkowo przerywa ich ciągłość. Ten typ budowy geologicznej powoduje, że pod względem hydrogeologicznym ośrodki te stanowią najczęściej kompleksy wielowarstwowe o skomplikowanych drogach przepływu wód podziemnych i o różnych ciśnieniach hydrostatycznych w poszczególnych warstwach. Zdarza się, że dwa odwiercone obok siebie otwory mają całkiem różne, nieprzystające do siebie profile geologiczne. Powoduje to trudności w wyznaczeniu pola hydrodynamicznego całego kompleksu, który nie jest izolowany żadną regionalną warstwą nieprzepuszczalną i nie uznaje się go za naporowy. Do wyznaczania hydroizohips zazwyczaj przyjmuje się najwyższe ciśnienia występujące na danym obszarze, z wyłączeniem poziomów uznanych za zawieszone. Tak rozumiane pole hydrodynamiczne powoduje, że zwierciadło wód podziemnych występuje miejscami powyżej terenu. Pomimo że cały kompleks uznajemy jako swobodny, zwierciadło wody ma w nim charakter zarówno swobodny, jak i naporowy. Wodonośność tak rozumianych szczelinowo-porowych

kompleksów wielowarstwowych jest bardzo zmienna i zależy głównie od sumarycznego udziału warstw wodonośnych piaskowców w profilu otworu. W przypadku kompleksów dolnojurańskich, górnotriasowych i lokalnie dolnodewońskich jest ona bardzo niska. Wydajność studni potencjalnej najczęściej wynosi w nich $<10 \text{ m}^3/\text{h}$, a tylko lokalnie dochodzi ok. $30 \text{ m}^3/\text{h}$. Znacznie wyższa jest ona natomiast w przypadku kompleksów dolnotriasowych i górnopermskich, gdzie wynosi średnio $30\text{--}50 \text{ m}^3/\text{h}$, a w strefach dużych zaburzeń tektonicznych (strefach uskokowych) przekracza nawet $100 \text{ m}^3/\text{h}$.

Ośrodki szczelinowe stanowią głównie margle kredy górnej w niecce miechowskiej w południowej części zlewni. Charakteryzują się one tym, że wraz z głębokością szczeliny coraz bardziej zaciskają się i poniżej ok. 80–100 m skały te stają się już coraz bardziej półprzepuszczalne ($k < 10^{-6} \text{ m/s}$). Wyjątkiem są strefy uskokowe, w których ten proces zachodzi nieco głębiej. Lokalnie ośrodkami szczelinowymi są także zalegające na większych głębokościach margle, a często także wapienie i margle jury górnej i triasu środkowego, wapienie i zlepienie permu górnego oraz lokalnie wapienie i dolomity dewońskie, gdzie nie zachodziły procesy krasowe. Ośrodki te są bardzo niejednorodne pod względem przepuszczalności i spotykamy w nich poziomy zawieszony. Do ośrodków szczelinowych należy zaliczyć także zwietrzałe partie stropowe piaskowców kwarcowych kambru (nazwa



Ryc. 10. Ośrodki skalne w zlewni Nidy (przedczwartorzędowe)

techniczna – kwarcyty), ordowiku i dewonu dolnego o bardzo niskiej porowatości.

Ośrodki szczelinowo-krasowe występują w skałach węglanowych. Charakteryzują się tym, że szczeliny tektoniczne są w nich w znacznej części poszerzone przez procesy krasowe. Są to głównie wapień i gipsy miocenu, wapień dolnych partii jury górnej oraz wapień dewonu środkowego i dolnej partii górnego – franu. Ich przepuszczalność zależy głównie od stopnia wypełnienia szczelin pylastym materiałem krasowym, którego parametry filtracji są niskie, a współczynnik filtracji wynosi ok. 10^{-6} m³/s (Gzyl i in., 2001a, b; Urban, Rzonca, 2009). Niekiedy na zwietrzelinie krasowej tworzą się lokalnie poziomy wód zawieszonych (fot. 4). Współczynnik filtracji matrycy skalnej wapieni i dolomitów dewońskich jest bardzo niski i wynosi od $1,72 \cdot 10^{-12}$ do $7,22 \cdot 10^9$ m/s (Rzonca, 2001b, 2005, 2006, 2008; Rzonca, Prazak, 2002; Rzonca i in., 2003). Jest ona praktycznie nieprzepuszczalna, a przepływ wody w ośrodku odbywa się jedynie szczelinami tektonicznymi i krasowymi.

Typowym ośrodkiem szczelinowo-krasowym są także neogeńskie gipsy w rejonie Buska-Zdroju. Kras gipsowy jest tam dobrze rozwinięty, szczególnie w rejonie Skorocic (Jóźwiak i in., 2008).

WALORYZACJA ZBIORNIKÓW WÓD PODZIEMNYCH

Waloryzacja zbiorników wód podziemnych oparta jest głównie na wodonośności skał, ocenianej na podstawie wydajności potencjalnego otworu studziennego (*Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000*), zasobności i znaczenia dla zaopatrzenia w wodę.

Ze względu na możliwość ujęcia wody w środowisku wód podziemnych wyróżniamy użytkowe poziomy wodonośne, które są obecnym lub potencjalnym źródłem wody dla celów komunalnych, przemysłowych i rolnictwa, a wśród nich główne użytkowe poziomy wodonośne (GUPW). Wydajności potencjału studni wierconych ujmujących GUPW wynoszą min. 10 m³/h. W zlewni Nidy niemal wszędzie występują użytkowe poziomy wodonośne, jedynie w jej północno-wschodniej części obok nich występują lo-



Fot. 4. Kras widoczny na ścianie odwadnianego wyrobiska kopalni Trzuskawica

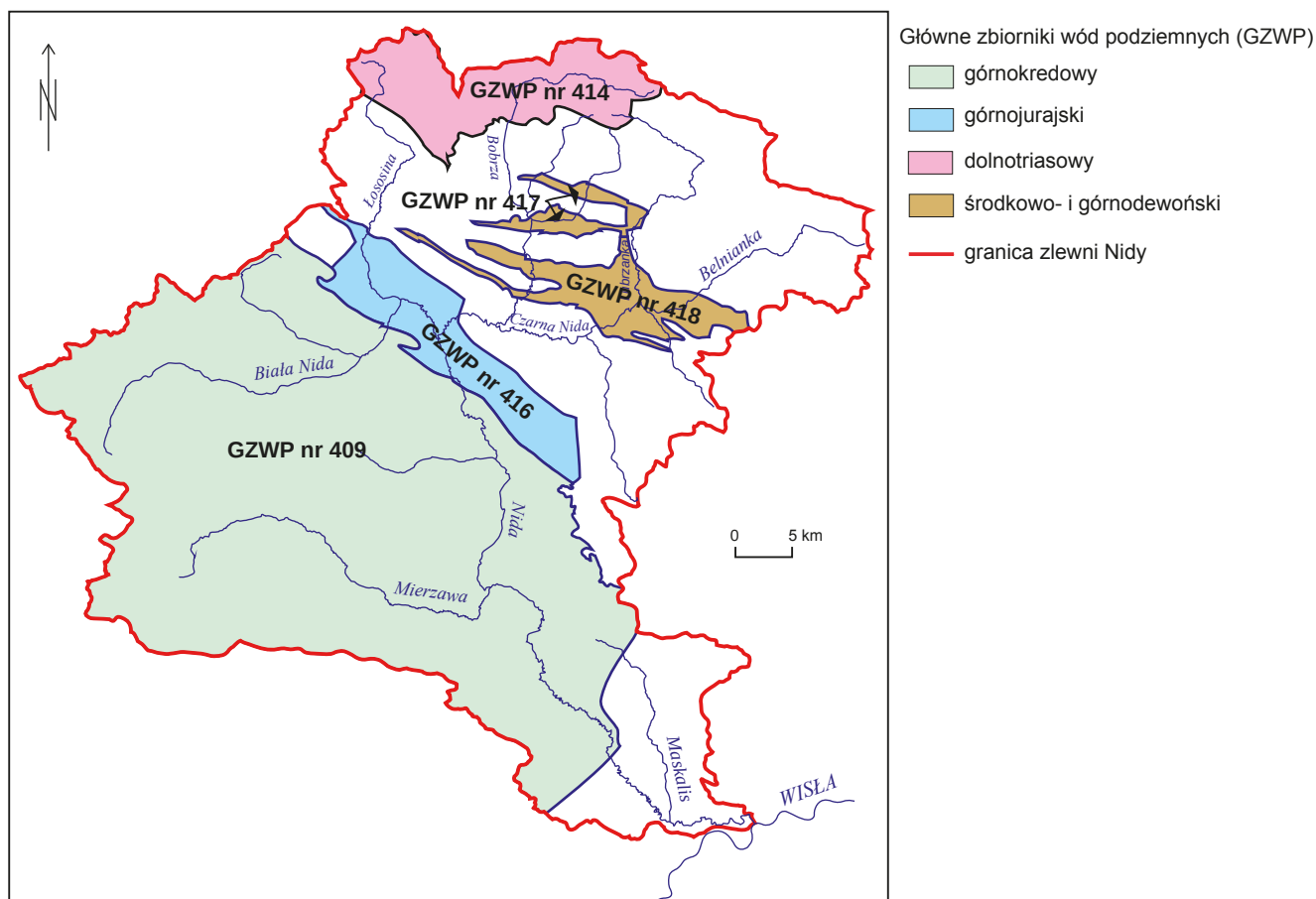
kalnie tereny, na których brak jest użytkowych poziomów wodonośnych. Są to strefy występowania półprzepuszczalnych i/lub nieprzepuszczalnych skał starszego paleozoiku.

Niezależnie od tego podziału wśród użytkowych poziomów wodonośnych wyróżnia się główne zbiorniki wód podziemnych (GZWP) wymagające szczególnej ochrony. Zostały one wydzielone na *Mapie obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony* (Kleczkowski, 1990a, b). W zlewni Nidy znajduje się pięć GZWP obejmujących łącznie ok. 70% jej powierzchni (ryc. 11). Są to górnokredowy GZWP nr 409 Niecka Miechowska SE (Kaczorowski i in., 2015), triasowy GZWP nr 414 Zagnańsk (Górnik, Filar, 2006), górnourajski GZWP nr 416 Małogoszcz (Gorczyca i in., 2011), środkowo- i górnodewoński GZWP nr 417 Kielce (Białecka, Kaczor-Kurzawa, 2015), środkowo- i górnodewoński GZWP nr 418 Gałęzice-Bolechowice-Borków (Górka i in., 2011). Dla wszystkich zbiorników opracowano odpowiednie dokumentacje hydrogeologiczne, wyznaczono obszary ochronne i określono wymogi ich ochrony (nakazy, nakazy, zalecenia), które jednak do chwili obecnej nie zostały jeszcze prawnie ustanowione. Niemniej sam fakt ich wydzielenia jest brany pod uwagę przy sporządzaniu planów zagospodarowania przestrzennego i studiów do planów.

KRAŻENIE WÓD PODZIEMNYCH

W warunkach naturalnych zasilanie słodkich wód podziemnych w zlewni Nidy odbywa się przez infiltrację efektywną opadów atmosferycznych. Dopływy boczne i infiltracja wód powierzchniowych są niewielkie i na ogół nie uwzględnia się ich w bilansach wód podziemnych. Ilość infiltrujących wód opadowych zależy zarówno od natężenia opadów, jak i od przepuszczalności skał odsłaniających się

na powierzchni terenu. Moduły infiltracji efektywnej mieszczą się średnio w przedziale od 3 do 25 m³/h·km². Największe ich zróżnicowanie ma miejsce w północnej części zlewni, w granicach Gór Świętokrzyskich. Wody słodkie występują do głębokości kilkuset metrów, z wyjątkiem rejonu Buska-Zdroju, gdzie już na głębokości kilkudziesięciu metrów można napotkać wody o podwyższonej mineralizacji. Strefa aktywnej



Ryc. 11. Ośrodki skalne w zlewni Nidy (przedczwartorzędowe)

wymiany jest jednak mniejsza i przyjmuje się na ogół, że wynosi średnio ok. 150 m, a poniżej zachodzi już tylko niewielki, głęboki odpływ regionalny (MHP GUPW).

W warunkach obecnych i prognozowanych zmian hydrodynamicznych powodowanych eksploatacją ujęć wody i odwodnieniem wyrobisk górniczych, a lokalnie także przez budowę piętrzące wody powierzchniowe, znaczący udział w zasilaniu wód podziemnych ma wymuszona infiltracja wód powierzchniowych do warstw wodonośnych. Bezpośrednie pomiary terenowe ilości infiltrujących wód rzecznych są niedokładne i utrudnione. Wynika to między innymi ze zmiennych w czasie przepływów rzek, a w przypadku większych rzek, np. Bobrzy i Czarnej Nidy, mieszczą się one z reguły w granicach błędów pomiaru objętości ich przepływu. Zrzuty wód kopalnianych mają często miejsce w leju depresji (wtórna infiltracja), co stwarza dodatkowe komplikacje obliczeniowe. Najbardziej widoczny wpływ eksploatacji wód podziemnych na infiltrację wód rzecznych jest w rejonach ujęć komunalnych w Zagnańsku i Białogoni oraz w rejonach odwadnianych kopalń koło Kielc. W praktyce ilość infiltrujących wód rzecznych oblicza się na modelach matematycznych i taruje do wyników pomiarów terenowych.

Wody podziemne na drodze swojego przepływu są zasilane i płyną od wododziałów do stref drenażu, którymi są doliny rzeczne, w których zachodzi okresowa ewapotranspiracja. Prędkość i kierunki ich przepływu zależą od

przepuszczalności matrycy skalnej, szczelinowatości skał, krasu i stref rozluźnień tektonicznych ośrodków skalnych. Niezmiernie istotna jest także często występująca ich wielowarstwowość, zaznaczająca się nieciągłymi przewarstwieniami warstw wodonośnych skałami półprzepuszczalnymi i nieprzepuszczalnymi. Wpływa to nie tylko na zróżnicowanie kierunków i prędkości przepływu wód podziemnych w samych warstwach wodonośnych, lecz także na kierunki ich przesączania przez warstwy półprzepuszczalne. W górnej części zlewni, w granicach trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich, na kierunki przepływu wód podziemnych wpływają ułożone w poprzek zlewni pasma górskie, gdzie cały odpływ wód podziemnych z wyższych partii zlewni skupia się w przełomach rzecznych (ryc. 3). Podobną rolę pełnią także niewyróżniające się w morfologii, zbudowane z półprzepuszczalnych i nieprzepuszczalnych skał starszego paleozoiku antyklinalne struktury geologiczne.

W warunkach nieburzonych pracą ujęć wód podziemnych i odwodnieniem wyrobisk górniczych podstawową funkcję drenażu wód podziemnych pełniły rzeki i zachodząca w ich dolinach ewapotranspiracja. Ponieważ sama ewapotranspiracja jest trudna do ustalenia ilościowego, to w bilansach wodnych włącza się ją najczęściej do drenażu rzeczno. Obecnie znaczącą funkcję drenażu pełnią również ujęcia wody podziemnej i odwadniane wyrobiska górnicze.

Drenaż wód podziemnych przez źródła ma obecnie w zlewni Nidy niewielkie znaczenie, a same źródła są z reguły małe (poniżej 0,2 m³/h) i nie mają istotnego znaczenia dla zaopatrzenia ludności w wodę. Najczęściej są to tzw. stoczki na krawędziach tarasów rzecznych. Wyjątek stanowi wypływające z wapieni dewońskich źródło tzw. Siedem Źródeł w Białogoni w Kielcach, z którego w latach 1929–1974 był zaopatrywany w wodę wodociąg komunalny miasta. Obecnie jest ono osuszone przez studnie wiercone ujęcia

Kielce-Białogon. Większe źródła wypływały niegdyś także z utworów triasu dolnego w rejonie Zagnańska w zlewni górnej Bobrzy. One również zostały osuszone przez zlokalizowane tam ujęcie komunalne Kielc. Z chwilą zmniejszenia poboru wody z ujęcia niektóre ze źródeł uległy „niewielkiemu” odnowieniu, lecz nadal nie mają żadnego znaczenia dla gospodarki wodnej rejonu i z tego powodu nie zaznaczono ich na żadnym załączniku graficznym.

MONITORING STANU ILOŚCIOWEGO I CHEMICZNEGO WÓD PODZIEMNYCH

Monitoring wód podziemnych obejmuje badania ich stanu hydrodynamicznego (ilości) i stanu chemicznego (jakości). Zorganizowany jest on w sieciach: krajowej, regionalnej i lokalnych. W sieci krajowej prowadzi go Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w punktach obserwacyjno-badawczych na stacjach I i II rzędu. W zlewni Nidy znajduje się obecnie 13 stacji II rzędu i dwie I rzędu (tab. 3). W stacjach I rzędu są obserwowane wszystkie poziomy wodonośne w profilu pionowym, a w stacjach II rzędu tylko podstawowe użytkowe poziomy wodonośne nie przekraczające głębokości 60 m z wyjątkiem

rejonu Buska-Zdroju, gdzie obserwacje dotyczą poziomów wód mineralnych w piętze kredowym na głębokości 88,4–136,0 i 267,3–294,3 m.

W ubiegłych latach prowadzono też monitoring regionalny województwa kieleckiego/świętokrzyskiego obejmujący wyłącznie badania jakości wód podziemnych. Monitoringi lokalne stanu hydrodynamicznego są prowadzone w rejonach dużych ujęć wód podziemnych i odwadnianych wyrobisk kopalń, a stanu chemicznego – wokół udokumentowanych i potencjalnych ognisk zanieczyszczeń. W rejonie Kielc i okolicznych kopalń wapieni i dolomitów

Tabela 3

Punkty sieci krajowej monitoringu wód podziemnych

Lp.	Nazwa własna	Nr punktu w bazie SOH*	Nr punktu w bazie MONBADA	Stratygrafia ujętej warstwy wodonośnej	Głębokość filtra od-do [m]
1.	Nałęczów w Kielcach	I/390/4	608	Q	10,5–18,5
2.		I/390/3	607	T ₁	43,0–83,0
3.		I/390/2	606	P ₃	167,0–183,0
4.		I/390/1	605	D ₂	192,0–250,0
1.	Białowieża koło Sędziszowa	I/336/7	1521	Q	około 5
2.		I/336/5	423	K ₃ węglanowy	43,5–92,0
3.		I/336/2	421	K ₃ piaskowce piaski	190,3–230,1
4.		I/336/4	422	J ₃	248,0–285,0
1.	Wola Jachowa	II/888/1	1401	Q	20,0–24,0
2.	Chroberz	II/484/1	1905	Q	6,1–10,7
3.	Lipno	II/882/1	1398	K ₃	18,0–28,0
4.	Mokrsko	II/493/1	424	K ₃	19,0–25,0
5.	Sieńsko	II/1353/1	1353	K ₃	25,0–29,0
6.	Michałów	II/379/1	1907	K ₃	14,0–20,0
7.	Busko-Zdrój	II/878/1	1903	K ₃	88,4–136,0
8.	Busko-Zdrój	II/879/1	2041	K ₃	267,3–294,3
9.	Bocheniec	II/499/1	2042	J ₃	36,0–60,0
10.	Wolica	II/382/1	1347	T ₃	13,5–21,5
11.	Ściegna	II/875/1	2346	T ₁	49,9–50,0
12.	Kielce-Kadzielnia	II/876/1	1395	D ₂	37,0–60,0
13.	Kielce-Białogon	II/877/1	1396	D ₂	24,8–27,1

* rząd stacji/ nr stacji/ nr otworu na terenie stacji

odkrywkowych kopalń wapieni i dolomitów. Wykonano wówczas kilkadziesiąt otworów obserwacyjnych (piezometrów) z obudową i urządzeniami pomiarowymi, a w rejonie Zagnańska dodatkowo przelew na rzece Bobrzy i specjalne zastawki (przelewy) do obserwacji wydajności źródeł. Po zakończeniu tematu w 1980 r. otwory obserwacyjne w rejonie Zagnańska i Białogonu przejęło Miasto Kielce, a następnie Wodociągi Kieleckie. Po kilku renowacjach obserwacje są w nich prowadzone do dzisiaj. W rejonie Białego Zagłębia ich zaniechano, jednak zaczęły się tworzyć nowe sieci punktów obserwacyjnych wokół odwadnianych wyrobisk kopalnianych. W ostatnich latach powstała tam kolejna sieć punktów obserwacyjnych wokół ujęcia komunalnego Kielce w Dyminach.

Pod koniec lat 70. XX w. Instytut Geologiczny rozpoczął tworzenie sieci obserwacyjnej wód podziemnych (SOWP). Na punkty obserwacyjne (stacje II rzędu) zaadaptowano studnie wiercone o niewielkim poborze wody. Obserwacjami stanu zwierciadła wód podziemnych objęto wszystkie występujące w zlewni poziomy wodonośne. Sieć sukcesywnie rozbudowywano i obecnie obejmuje ona 13 stacji II rzędu (ryc. 12; tab. 3). Powstały także



dwie stacje I rzędu. Jedna w Nałęczowie w Kielcach (obecnie teren miasta), w której obserwowane jest zwierciadło wody w czterech otworach hydrogeologiczno-badawczych, ujmujących poziomy: czwartorzędowy, dolnotriasowy, górnopermski i środkowodeński (Taszek, 1982) (ryc. 13; fot. 5). Drugą zlokalizowano w Białowieży na terenie niecki miechowskiej i są w niej obserwowane cztery poziomy wodonośne: czwartorzędowy, górnokredowy górny węglanowy, górnokredowy dolny piaskowcowy i górnójurajski węglanowy (Belcarz-Rolewska, 1981; Komorowski, 1999) (ryc. 14; fot. 6). W punktach stacji II rzędu obserwowane są poziomy: czwartorzędowy, górnokredowy, górnójurajski, górnotriasowy, dolnotriasowy i środkowodeński. Pomiary zwierciadła wody w stacjach II rzędu są prowadzone co tydzień, a w stacjach I rzędu codziennie. Obecnie na wielu punktach obserwacyjnych zamontowano automatyczne przyrządy pomiarowe. Wyniki pomiarów są gromadzone w bazie monitoringu wód podziemnych (MWP), gdzie w specjalnie opracowanym programie generowane są wykresy stanu zwierciadła wody w wybranym punkcie obserwacyjnym (ryc. 15). Wyniki obserwacji wraz z ich statystyczną charakterystyką są także zamieszczane przez państwową służbę hydrogeologiczną Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w *Kwartalnych Biuletynach Informacyjnych Wód Podziemnych*.



Fot. 5. Stacja hydrogeologiczna I rzędu nr I/390 Nałęczów w Kielcach



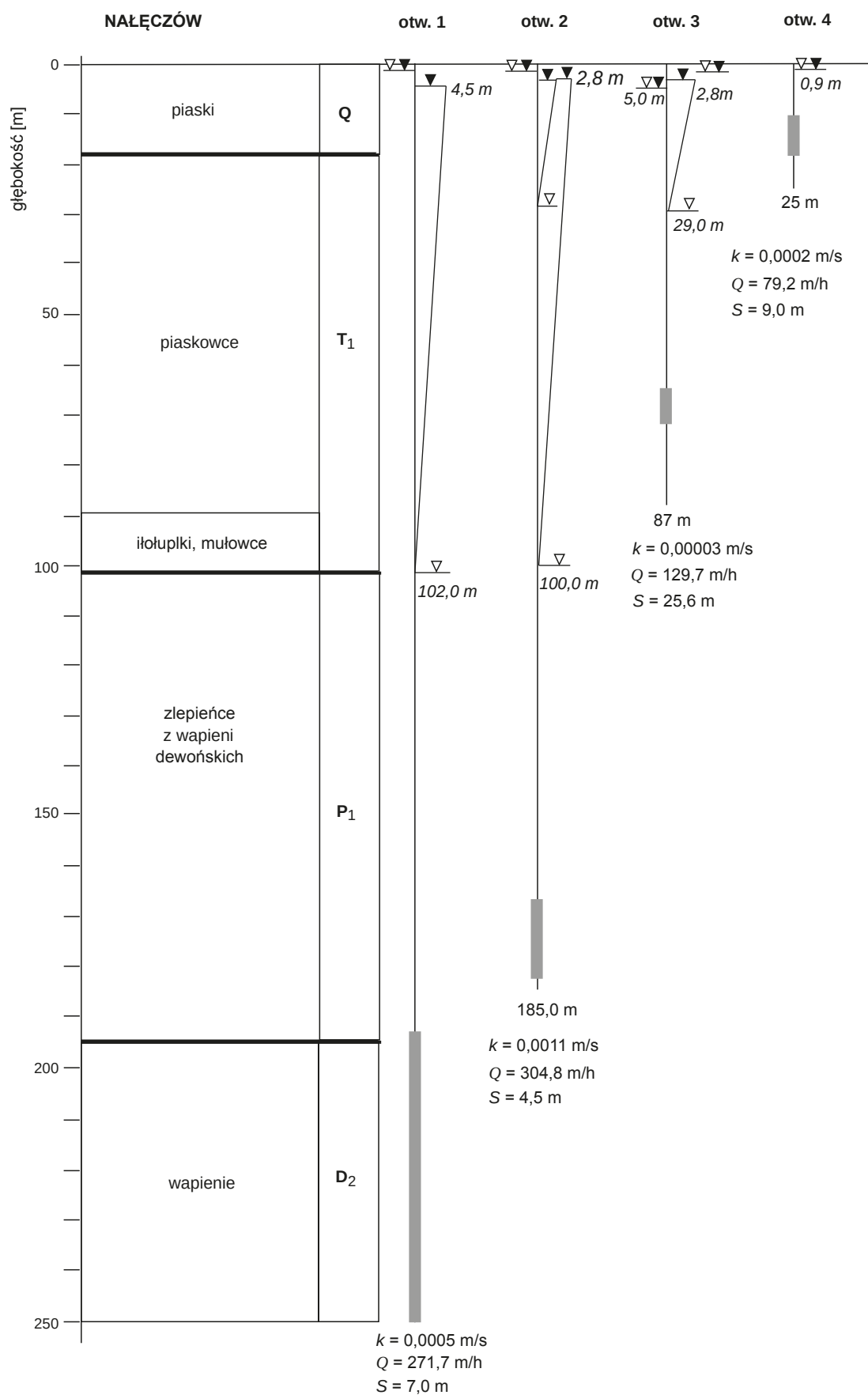
Fot. 6. Stacja hydrogeologiczna I rzędu nr I/336 Białowieża k. Sędziszowa

MONITORING STANU CHEMICZNEGO (JAKOŚCI) ZWYKŁYCH WÓD PODZIEMNYCH

Monitoring jakości zwykłych wód podziemnych rozpoczęto w sieci krajowej w 1991 r. Na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska prowadzi je Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy. Ilość punktów badawczych sieci ulegała zmianom, lecz w chwili obecnej jest ona oparta na tych samych otworach (punktach), w których obserwowany jest stan hydrodynamiczny wód podziemnych i wynosi 21 punktów. Osiem jest w stacjach I rzędu w Nałęczowie w Kielcach i Białowieży k. Sędziszowa, a 13 w stacjach II rzędu (tab. 3; ryc. 12). Ujmują one poziomy wodonośne: czwartorzędowy, górnokredowy, górnójurajski, górnotriasowy, dolnotriasowy, górnopermski, środkowo- i górnodeński. Prowadzony jest w nich zarówno monitoring diagnostyczny, jak i operacyjny. Wyniki analiz chemicznych wraz z ich wstępną analizą (jakość i typ chemiczny wody) są gromadzone w bazie MONBADA.

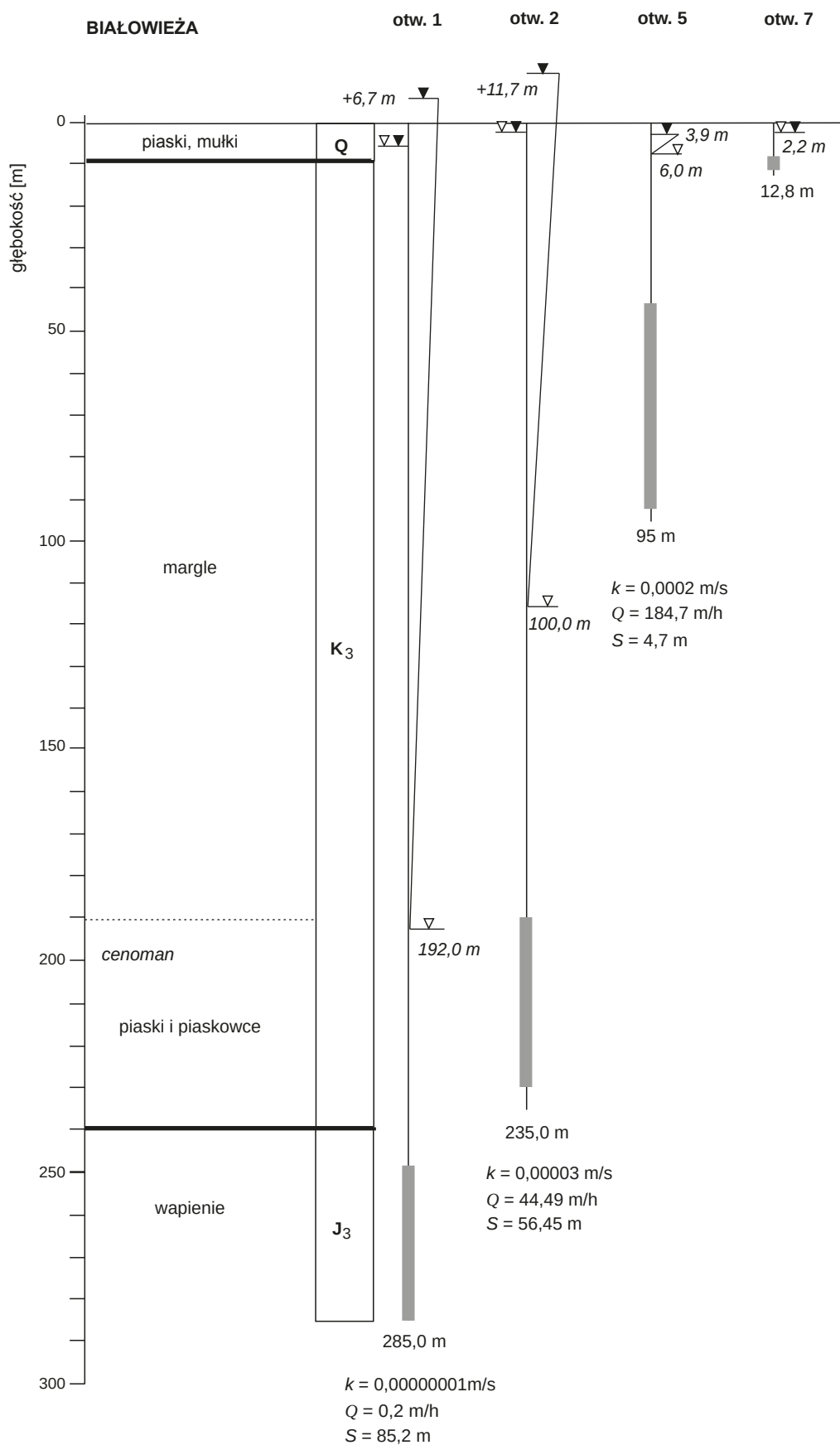
Niezależnie od monitoringu jakości wód podziemnych w sieci krajowej, w latach 1991–1994 zlewnia Nidy była objęta monitoringiem regionalnym dorzecza górnej Wisły (Kleczkowski i in., 1993). Po zakończeniu finansowania ze środków PHARE, nie podjęto jego kontynuacji ze względu na brak funduszy w Regionalnym Zarządzie Gospodarki Wodnej w Krakowie.

W 1992 r. Państwowy Instytut Geologiczny Oddział Świętokrzyski w Kielcach zaprojektował i rozpoczął badania jakości wód podziemnych w regionalnej sieci ówczesnego województwa kieleckiego, a później świętokrzyskiego (Prażak i in., 1996, 1998a, b, 2003). W jego sieci, liczącej ok. 30 punktów obserwacyjno-badawczych, znalazły się wszystkie punkty ww. monitoringu górnej Wisły. Prace i badania finansowano początkowo ze środków Wydziału Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, a później przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Kielcach. Z wyników badań prowadzonych najpierw z częstotliwością



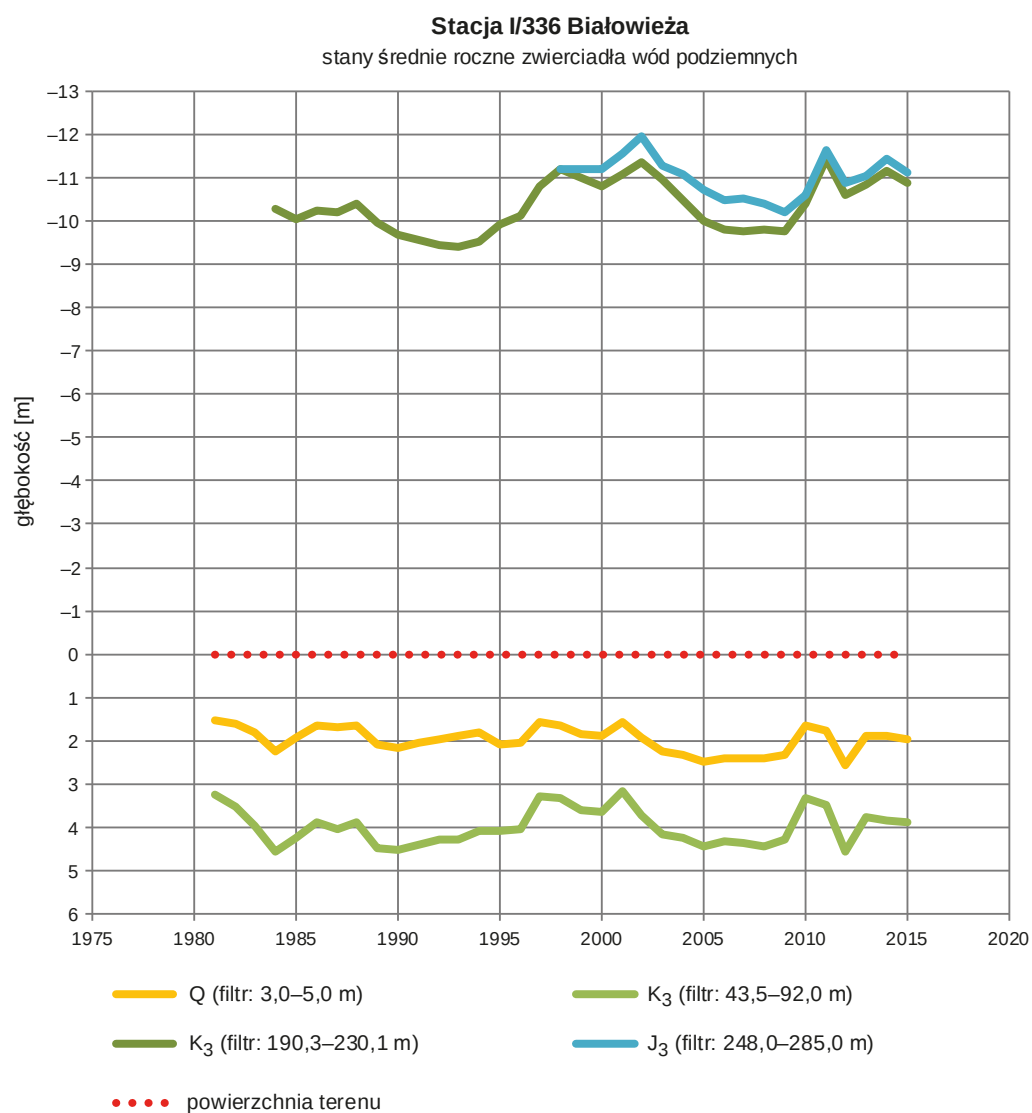
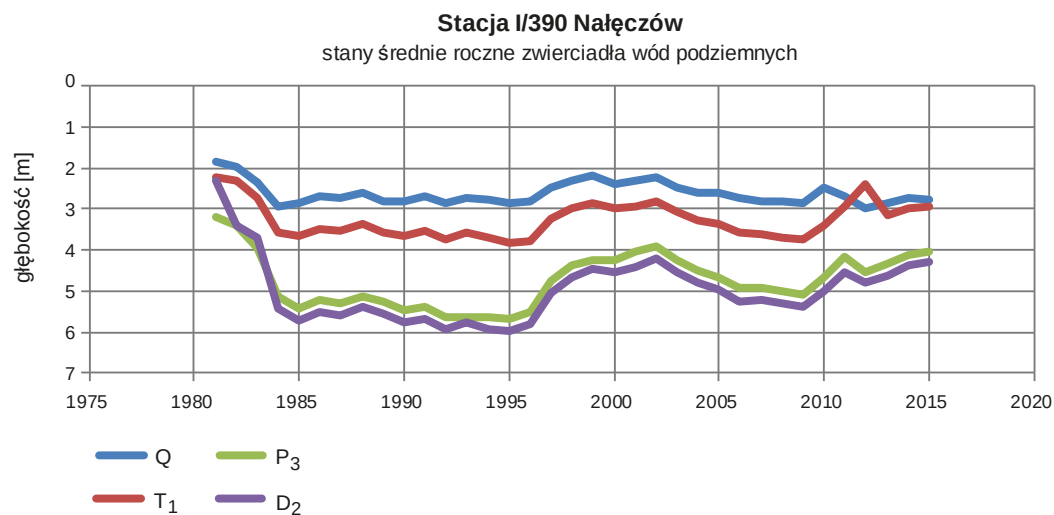
Ryc. 13. Profil stacji hydrogeologicznej I rzędu nr I/390 Nałęczów w Kielcach

k – współczynnik filtracji; Q – wydajność otworu; S – depresja



Ryc. 14. Profil stacji hydrogeologicznej I rzędu nr I/336 Białowieża k. Sędziszowa

k – współczynnik filtracji; Q – wydajność otworu; S – depresja



Ryc. 15. Wykresy stanu zwierciadła wód podziemnych w obserwowanych poziomach wodonośnych stacji hydrogeologicznych I rzędu Nałęczów i Białowieża

dwa, a później jeden raz w roku sporządzano specjalne raporty przekazywane do WIOŚ w Kielcach, który publikował otrzymane wyniki w wydawanych co dwa lata *Raportach o stanie środowiska województwa świętokrzyskiego*. Wyniki wykonanych analiz chemicznych były gromadzone w bazie z dołączoną przeglądarką rozmieszczenia przestrzennego (na mapie) jakości i chemizmu badanych wód podziemnych. Monitoring prowadzono do 2005 r. włącznie, lecz później go zaniechano ze względu na brak środków finansowych.

Monitoringi lokalne jakości wód podziemnych są prowadzone wokół obiektów, na terenie których doszło do zanie-

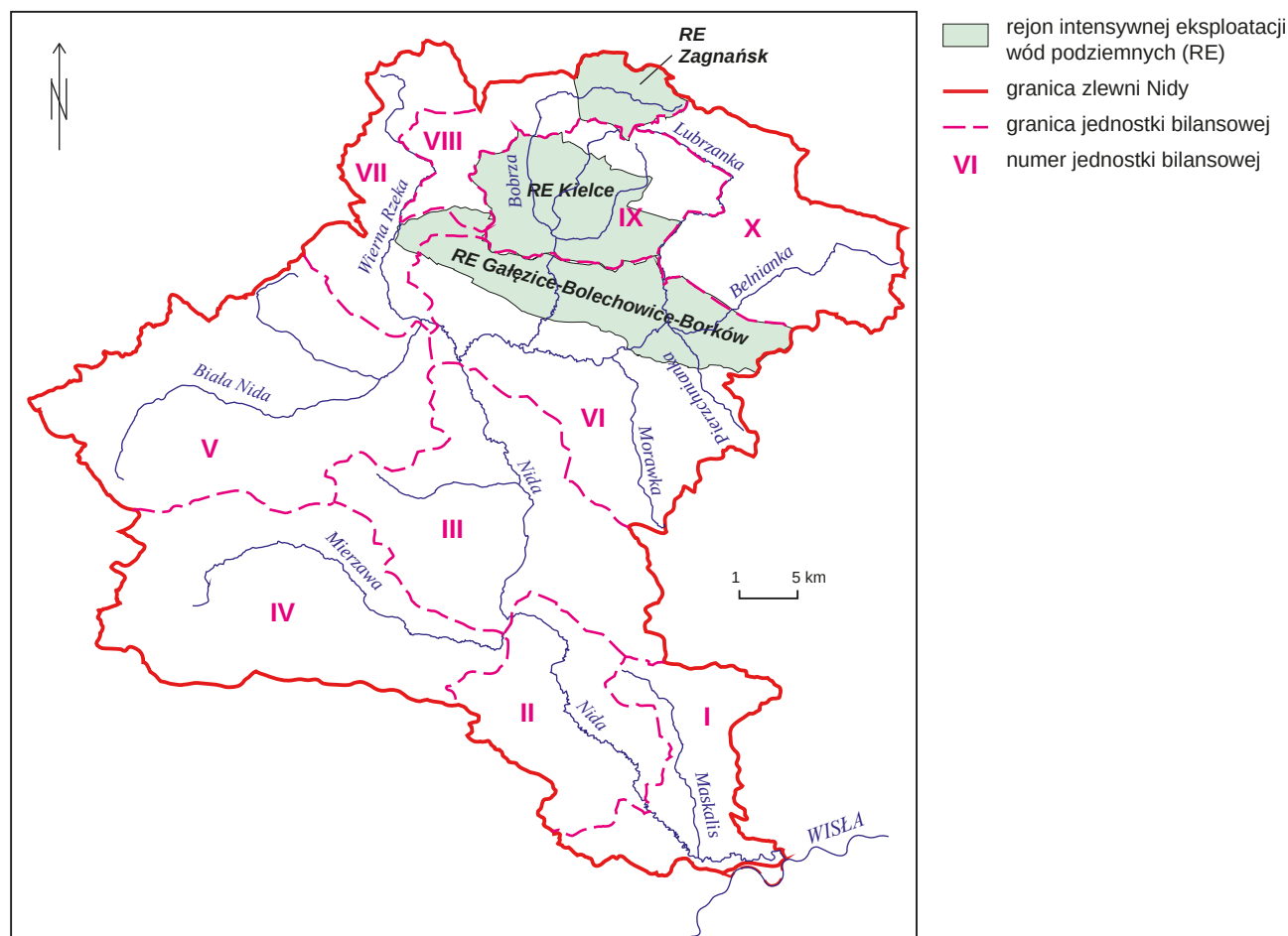
czyszczenia gruntu i/lub wód podziemnych lub istnieje potencjalne zagrożenie zanieczyszczeniem. W większości są to stacje paliw płynnych i składowiska odpadów. Sprawozdania z badań są przesyłane do starostw, lecz niezmiennie rzadko spotyka się ich merytoryczną, kompleksową ocenę. Zapewniona jest ona jedynie w ramach monitoringu badawczego na obszarze obciążonym silną antropopresją w rejonie Kielc – stacje paliw płynnych. Duże obiekty, na terenie których doszło do skażenia wód podziemnych, omówiono w publikacji w podrzdziale „Skażenia wód podziemnych, ich skutki i likwidacja”.

ZASOBY ODNAWIALNE I DYSPOZYCYJNE WÓD PODZIEMNYCH

Zasoby odnawialne wód podziemnych były ustalane bądź szacowane w regionalnych opracowaniach hydrogeologicznych dla całej lub części zlewni Nidy (Maszoński, Żak 1968a; Kurdziel i in., 1970; Maszoński, Żak, 1970; Ginalska-Prokop, 1990; Herbich i in., 2003; Ginalska-Prokop, 2017). Najbardziej istotne są te prace, w których ustalono również ich zasoby dyspozycyjne, w ilości gwarantującej ochronę innych elementów środowiska przyrodniczego, szczególnie ekosystemów zależnych od wód podziemnych.

Na potrzeby Kielc w 1994 r. ustalono i zatwierdzono zasoby odnawialne i dyspozycyjne dla rejonów intensywnej

eksploatacji wód podziemnych – Kielce i Zagnańsk-Strawczyn (Prażak, 1994a; Górnik, Filar, 2006). W 2008 r. na zlecenie Ministerstwa Środowiska opracowano nową metodykę ustalania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych (Herbich i in., 2008, 2013). Na jej podstawie ustalono zasoby odnawialne i dyspozycyjne dla zlewni Nidy bez wyżej wymienionych rejonów. W całej zlewni wydzielono 10 jednostek bilansowych (ryc. 16). Wśród nich jednostka VIII obejmuje rejon Zagnańsk-Strawczyn, a IX – rejon Kielce i utrzymano w mocy ustalone i zatwierdzone dla nich wcześniej zasoby wód podziemnych. Dla pozostałych ośmiu jednostek (75%



Ryc. 16. Jednostki bilansowe w zlewni Nidy (Rodzoch, 2012) z naniesionymi rejonami intensywnej eksploatacji wód podziemnych

zlewni) obliczenia zasobów dyspozycyjnych wykonano metodą modelowania matematycznego (Rodzoch i in., 2012) (tab. 4). Wydzielone jednostki obliczeniowe różnią się nieco od wydzielonych wcześniej przez Państwowy Instytut Geologiczny rejonów wodnogospodarczych na potrzeby zintegrowanego zarządzania zasobami wód podziemnych i powierzchniowych kraju (Herbich i in., 2007). Zostało to zaakceptowane przez organ przyjmujący dokumentację.

Przedstawione w dokumentacji wykorzystanie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w poszczególnych jednostkach (pobór wody) kształtowało się następująco: I – 18%, II – 26%, III – 8%, IV – 4%, V – 2%, VI – 10%, VII – 10%, VIII – 37%, IX – 64% i X – 7% (2009 r.). Największy procent wykorzystania zasobów dyspozycyjnych był w jednostkach Zagnańsk (VIII) i Kielce Białogon (IX), w których

znajdują się duże ujęcia komunalne i odwadniane wyrobiska górnicze, niemniej jego wartości świadczą o dużych rezerwach zasobowych, wynoszących w zlewni 395 826 m³/dobę (16 493 m³/h). Są one na tyle duże, że ewentualne nieścisłości lub niedokładności w ustalaniu zasobów dyspozycyjnych nie mają jeszcze praktycznego znaczenia dla gospodarki wodnej. W ostatnich latach pobór wody z największych ujęć w rejonie Kielc uległ zmniejszeniu przy jednoczesnym wzroście odwodnienia kopalń wapieni i dolomitów, lecz nadal nie ma ryzyka, że pobór wody przekroczy zasoby dyspozycyjne ustalone dla poszczególnych jednostek. Należy mieć jednak na uwadze fakt, że w północno-wschodniej części zlewni występują małe, odizolowane barierami hydrodynamicznymi i/lub litologicznymi struktury hydrogeologiczne, w których należy kontrolować lokalne bilanse wód podziemnych.

REJONY INTENSYWNEJ EKSPLOATACJI WÓD PODZIEMNYCH

Pobór wód podziemnych rozumiany jako pobór wody ze studni głębinowych ujęć i odwodnienie wyrobisk górniczych jest rozłożony w zlewni Nidy bardzo nierównomiernie. Jak wykazano w dokumentacji jej zasobów dyspozycyjnych, pobór wody ze studni w 2009 r. stanowił tylko 15% tych zasobów (Rodzoch i in., 2012). Obecnie kształtuje się on na podobnym poziomie. Około 15% stanowiło także odwodnienie wyrobisk górniczych. Największy pobór wody jest notowany w okolicach Kielc w północnej części zlewni, gdzie znajdują się duże ujęcia komunalne i odwadniane kopalnie wapieni i dolomitów. Budowa geologiczna i morfologia terenu sprawiają, że poszczególne rejonory eksploatacji są oddzielone od siebie skałami nieprzepuszczalnymi lub wododziałami i stanowią samodzielne, lokalne obszary bilansowe. Ich zasoby dyspozycyjne lub eksploatacyjne ustalono z zachowaniem wszystkich kryteriów ochrony wód podziemnych na

potrzeby innych elementów środowiska przyrodniczego, tj. przepływów nienaruszalnych rzek i ekosystemów zależnych od wód podziemnych. Konieczne jest prowadzenie w nich bieżącego bilansu zasobów eksploatacyjnych, pozwoleń wodnoprawnych i poboru wód podziemnych wraz z oceną wpływu zrzutu wód kopalnianych i ścieków na przepływ nienaruszalny rzek, gdyż ogólny bilans całej jednostki może nie wykazać istniejących zagrożeń. Wydzielanie odrębnych rejonów eksploatacji jest potrzebne i ma sens tylko przy znaczących poborach wody, gdyż istnieje ryzyko, że miejscami wielkość jej poboru będzie przekraczała ilości określone w wymogach dotyczących ochrony wód podziemnych.

Lokalne obszary bilansowe w północnej części zlewni zauważono już w latach 70. XX w. Wydzielono wówczas rejon Zagnańsk obejmujący zlewnie górnej Bobrzy, rejon tzw. Białego Zagłębia z licznymi, przewidzianymi do

Tabela 4

Zasoby odnawialne i dyspozycyjne wód podziemnych w zlewni Nidy: odpis z „Dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby wód podziemnych zlewni Nidy bez rejonu Kielc” (Rodzoch i in., 2012)

Jednostka bilansowa			Zasoby odnawialne [m ³ /dobę]	Zasoby dyspozycyjne [m ³ /dobę]	Pobór (2009 r.) [m ³ /dobę]	Stratygrafia poziomów wodonośnych	
nr	nazwa	powierzchnia [km ²]				główny	podrzędny
I	Nida od Wiślicy do Wiśły	243,4	42 100	9 000	1 658	K ₃	Q
II	Nida od Pińczowa do Wiślicy	287,0	66 000	19 100	5 057	K ₃	Q
III	Nida od Brzegów do Pińczowa	501,7	150 500	52 100	4 324	K ₃	J3/Q/Ng-Pg
IV	Mierzawa	555,6	149 800	56 600	2 165	K ₃	–
V	Biała Nida do ujścia Wiernej Rzeki	643,3	175 600	66 800	1 289	K ₃	J ₃ /Q
VI	Czarna Nida od Daleszyc do Brzegów bez obszarów VIII i IX	601,9	200 000	126 100	12 022	D ₂ /D ₃ /J ₃	Q/T ₁ /T ₂ /P ₃ /Ng-Pg
VII	Wierna Rzeka	231,0	62 000	22 000	2 127	J ₃ /T ₁	T ₂ /K ₁
VIII*	Rejon eksploatacji Zagnańsk -Strawczyn	193,0	58 500	35 100	13 039	T ₁ /T ₂	–
IX*	Rejon eksploatacji Kielce	178,9	59 600	43 200	27 846	D ₂ /D ₃	T ₁ /T ₂ /P ₃
X	Górna Czarna Nida do Daleszyc	408,1	70 000	38 000	2 647	D ₂ /D ₃	P ₃
Zlewnia Nidy		3 844,2	1 034 100	468 000	72 174	–	–

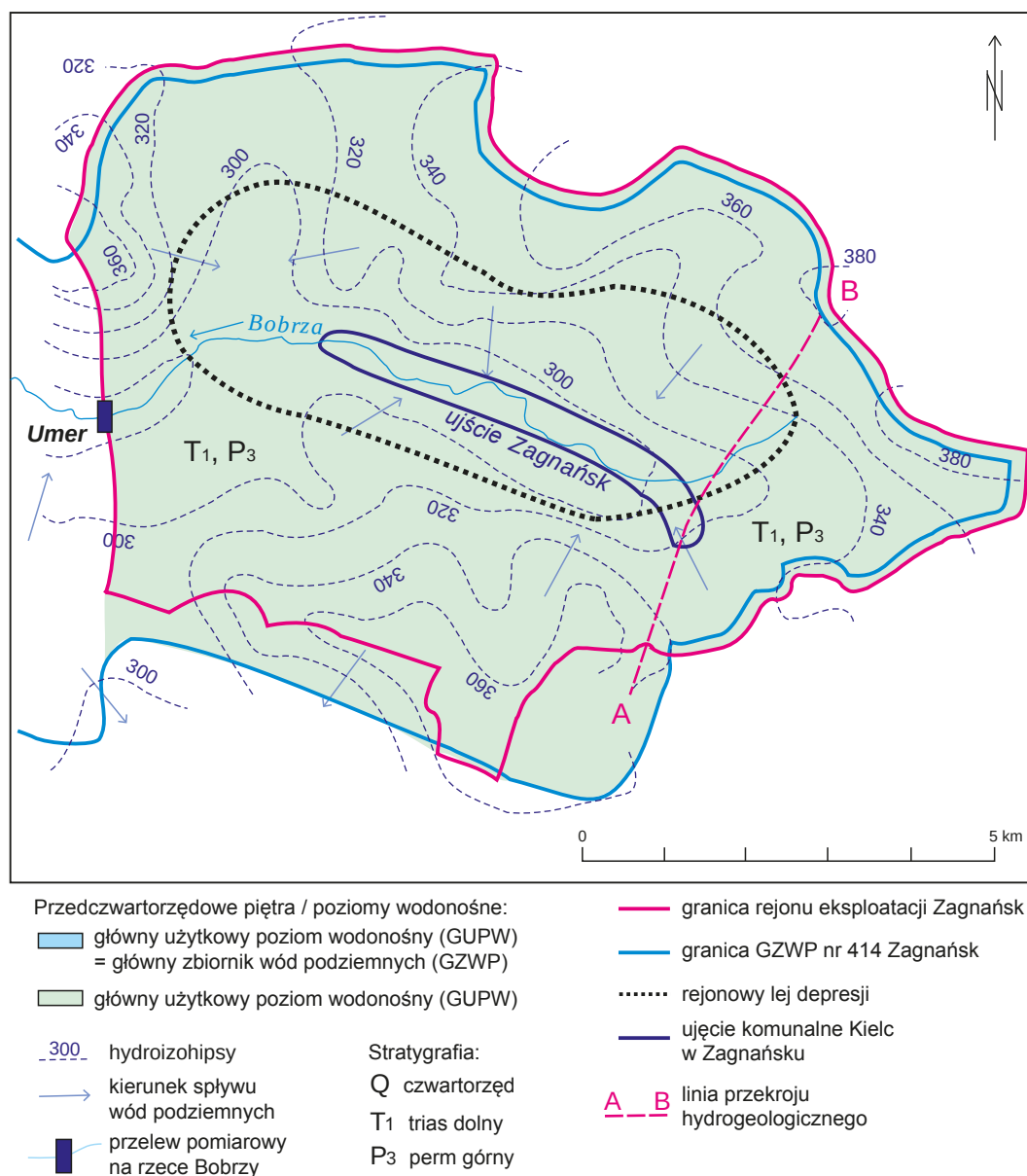
* zasoby odnawialne i dyspozycyjne zatwierdzone wcześniej w odrębnych dokumentacjach

odwodnienia kopalniami wapieni i dolomitów obejmującej synklinę gałęzicko-bolechowicko-borkowską, nazwaną później rejonem Gałęzice–Bolechowice–Borków, oraz tzw. Dolinę Białogońską w rejonie Kielc (Maszoński, Żak, 1968a, 1976; Maszoński, 1975). Rejon górnej Bobrzy był wówczas udokumentowanym obszarem zasilania dużego ujęcia komunalnego wód podziemnych dla Kielc w Zagnańsku. W Dolinie Białogońskiej udokumentowano zasoby eksploatacyjne ujęcia komunalnego Białogon, a dla rejonu Gałęzice–Bolechowice–Borków ustalono i zatwierdzono zasoby w kategorii C (odnawialne) i w kategorii B (eksploatacyjne) wód podziemnych (Maszoński, Żak, 1968a). Wydzielenie odrębnych rejonów eksploatacji utrzymano także w późniejszych opracowaniach hydrogeologicznych (ryc. 16). W 1990 r. nawiązano do nich przy wydzieleniu głównych zbiorników wód podziemnych wymagających szczególnej ochrony (GZWP) nr 414 Zagnańsk, nr 417 Kielce i nr 418

Gałęzice–Bolechowice–Borków (Kleczkowski, 1990a, b). Podział ten utrzymano także w kolejnych opracowaniach hydrogeologicznych, co świadczy, że o ich wydzieleniu w zlewni zdecydowała wieloletnia praktyka hydrogeologiczna, niezależnie od wyznaczenia późniejszych rejonów wodnogospodarczych (jednostek zasobowych).

REJON EKSPLOATACJI ZAGNAŃSK

Rejon obejmuje zlewnię górnej Bobrzy powyżej miejscowości Umer (ryc. 17). Głównymi użytkowymi poziomami wodonośnym są tam połączone poziomy dolnotriasowy i górnopermski oraz ujęty tylko w jednej studni poziom środkowowodnoński. Poziom czwartorzędowy jest praktycznie nieużytkowy. Dolnotriasowe i górnopermskie warstwy wodonośne stanowią czerwone piaskowce i mułowce z przewarstwieniami ilów i ilowców, natomiast poziom środkowo-



Ryc. 17. Szkic hydrogeologiczny rejonu eksploatacji Zagnańsk

ma tam potrzeby wykonywania lokalnych bilansów wodnych.

Rejon Zagnańska jako źródło wody dla Kielc był brany pod uwagę już w XIX w. Rozważano wówczas ujęcie tamtejszej wody z naturalnych źródeł (Pazdur, 1967). Ponownie jako źródło wody dla Kielc uznano ten rejon po II wojnie światowej. W latach 1957–1968 zaprojektowano i odwiercono w dolinie rzeki Bobrzy kilka studni, którymi ujęto wodę z utworów triasu dolnego, permu górnego i dewonu środkowego. Zasoby ujęcia ustalono w kategorii B na 2500 m³/h. Ilość ta nie była jednak potwierdzona pompowaniem zespołowym wszystkich studni (Gaik, 1968; Mikula, 1970). Pobór wody rozpoczął w 1973 r., a dwa lata później Oddział Świętokrzyski Instytutu Geologicznego rozpoczął tam prowadzenie obserwacji zwierciadła wód podziemnych w studniach ujęcia, okolicznych studniach kopanych i specjalnie w tym celu odwierconych piezometrach. Prowadzono także pomiary wydajności źródeł i przepływów Bobrzy poniżej ujęcia w miejscowości Umer, gdzie wybudowano specjalny betonowy jaz wraz z przelewem i łatą wodowskazową (Maszoński, 1975). Już w pierwszych latach eksploatacji okazało się, że depresje w studniach są dużo większe niż prognozowane na etapie sporządzania dokumentacji. Instytut Geologiczny zaproponował wówczas skorygowanie zasobów ujęcia w kategorii B najpierw do 1600 m³/h, a później do 1340 m³/h (Żak, 1980). Ocenę zasobów ujęcia wykonał także Instytut Kształtowania Środowiska w Poznaniu metodą modelowania matematycznego i ustalił je na 950 m³/h (Stelmach i in., 1983). Powyższe obliczenia nie skutkowały jednak decyzją zasobową i zasoby ujęcia w kategorii B wciąż wynosiły 2500 m³/h. W celu pozyskania tej ilości wody ówczesne Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Kielcach zleciło w latach 1983–1984 odwiercenie dodatkowych studni, lecz nie przyniosło to oczekiwanych efektów (Buczkowski, 1983; Buczkowski, Buczkowska 1984). W latach 1984–1985 opracowano „Projekt badań hydrogeologicznych dla ustalenia zasobów wody w kategorii „C” obszarów perspektywicznych do budowy dużych ujęć w rejonie Ćmińsk-Zagnańsk-Szałas i weryfikacji zasobów w kategorii „B” w rejonie Zagnańska” (Buczkowski, Prażak, 1985). W rejonie samego Zagnańska wykonano tylko prace geofizyczne i po trzyletniej przerwie rozpoczęto pomiary przepływów rzeki Bobrzy. Pozostałe z projektowanych prac odłożono na później. Zawyżenie zasobów eksploatacyjnych ujęcia wykazano także w opracowaniu „Kryteria i warunki eksploatacji dużych ujęć

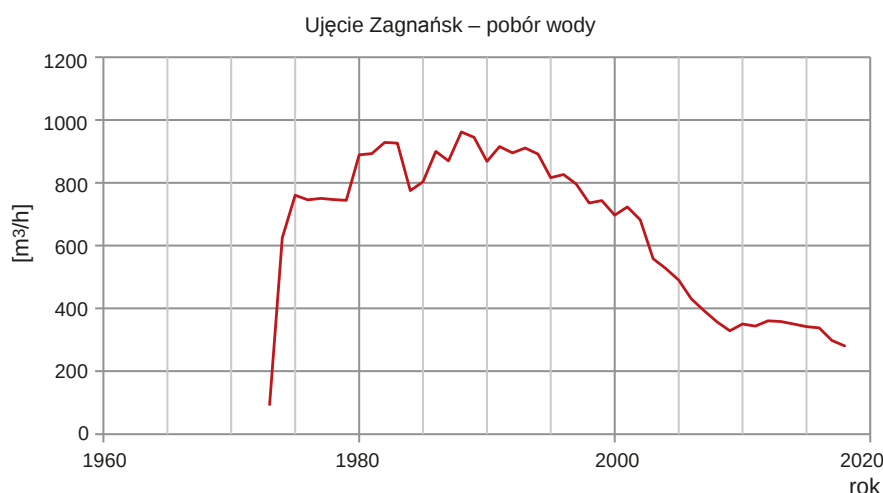


Fot. 7. Zalew na rzece Bobrzy w Umerze k. Zagnańska

wód podziemnych w regionie świętokrzyskim” (Prażak, 1990), a następnie w „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych rejonu eksploatacji Zagnańsk-Strawczyn (propozycja 550 m³/h)” (Górnik, Filar, 2006). Ostatecznie korektę zasobów eksploatacyjnych ujęcia wykonano dopiero w 2009 r., ustalając i zatwierdzając je w ilości 639 m³/h (Knez i in., 2009).

Rozpoczęty w 1973 r. pobór wody ze studni ujęcia trwa do dziś. Wzrastał on systematycznie do końca lat 90. XX w., osiągając poziom ok. 950 m³/h. W kolejnych latach ulegał powolnemu zmniejszeniu aż do 281 m³/h w 2018 r. (ryc. 19). W tym czasie zmalało bowiem zapotrzebowanie Kielc na wodę. Aktualnie Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o. rozważają nawet możliwość rezygnacji z jego eksploatacji.

Wieloletnie obserwacje ujęcia komunalnego w Zagnańsku pozwoliły na ocenę zakresu jego oddziaływania w trakcie zmieniającego się w czasie poboru wody. O ile pomiary zwierciadła wody nie pozwoliły ustalić w pełni wiarygodnego zasięgu leja depresji ze względu na charakter permsko-



Ryc. 19. Pobór wody z ujęcia komunalnego Kielc w Zagnańsku

-triasowego kompleksu warstw wodonośnych, to wyraźnie można było zaobserwować zanik źródeł, a po zmniejszeniu poboru wody ponowny powrót wypływu niektórych z nich. Rzeka Bobrza, która w bezpośrednim rejonie ujęcia niemal zanikła, wznowiła swój przepływ (ryc. 20). Można krytykować metody pomiarów, niemniej jednak trudno nie zauważyć, że zmniejszenie poboru wody poniżej 650 m³/h spowodowało powrót ciągłości przepływu rzeki, która jest także odbiornikiem gminnych ścieków.

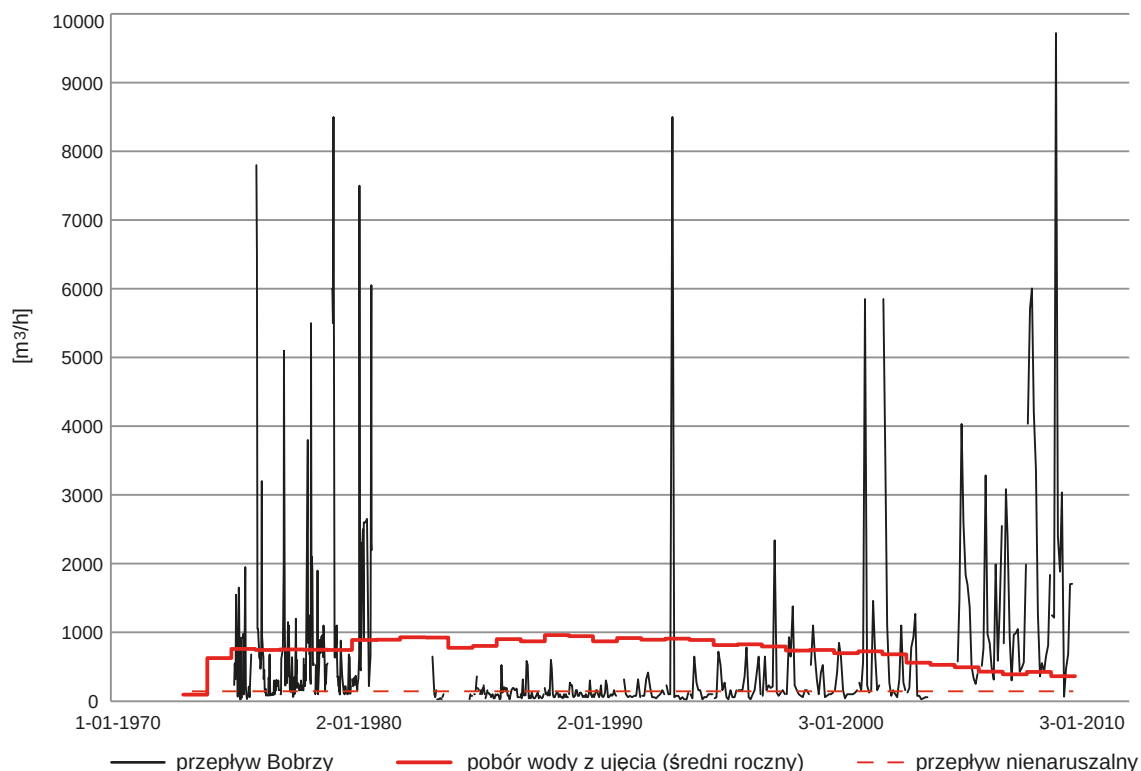
Woda z ujęcia w Zagnańsku jest przesyłana do Kielce, a po zużyciu jest odprowadzana do oczyszczalni ścieków w Sitkówce, położonej w niższej części zlewni. Przy poborze wody ze studni w pełnej ilości obecnie zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych ciągłość przepływu Bobrzy i jej przepływ nienaruszalny w przekroju Umer nie jest już zagrożony, tym bardziej że w Jaślach i Umerze powstały nowe, wzbogacające przepływy niskie, zbiorniki retencyjne wód powierzchniowych. Obszerny opis ujęcia Zagnańsk wraz z krytyczną oceną zastosowanych metod badań, wykonanych obliczeń i prognoz zasobowych przedstawił autor w studium metodycznym pod redakcją S. Dąbrowskiego i J. Przybyłka pt. „Ocena prognoz zasobów eksploatacyjnych poprzez porównanie szacunków zasobowych z wynikami długotrwałej eksploatacji wód podziemnych” (Prażak, 2012b w: Dąbrowski, Przybyłek, 2012).

REJON EKSPLOATACJI KIELCE

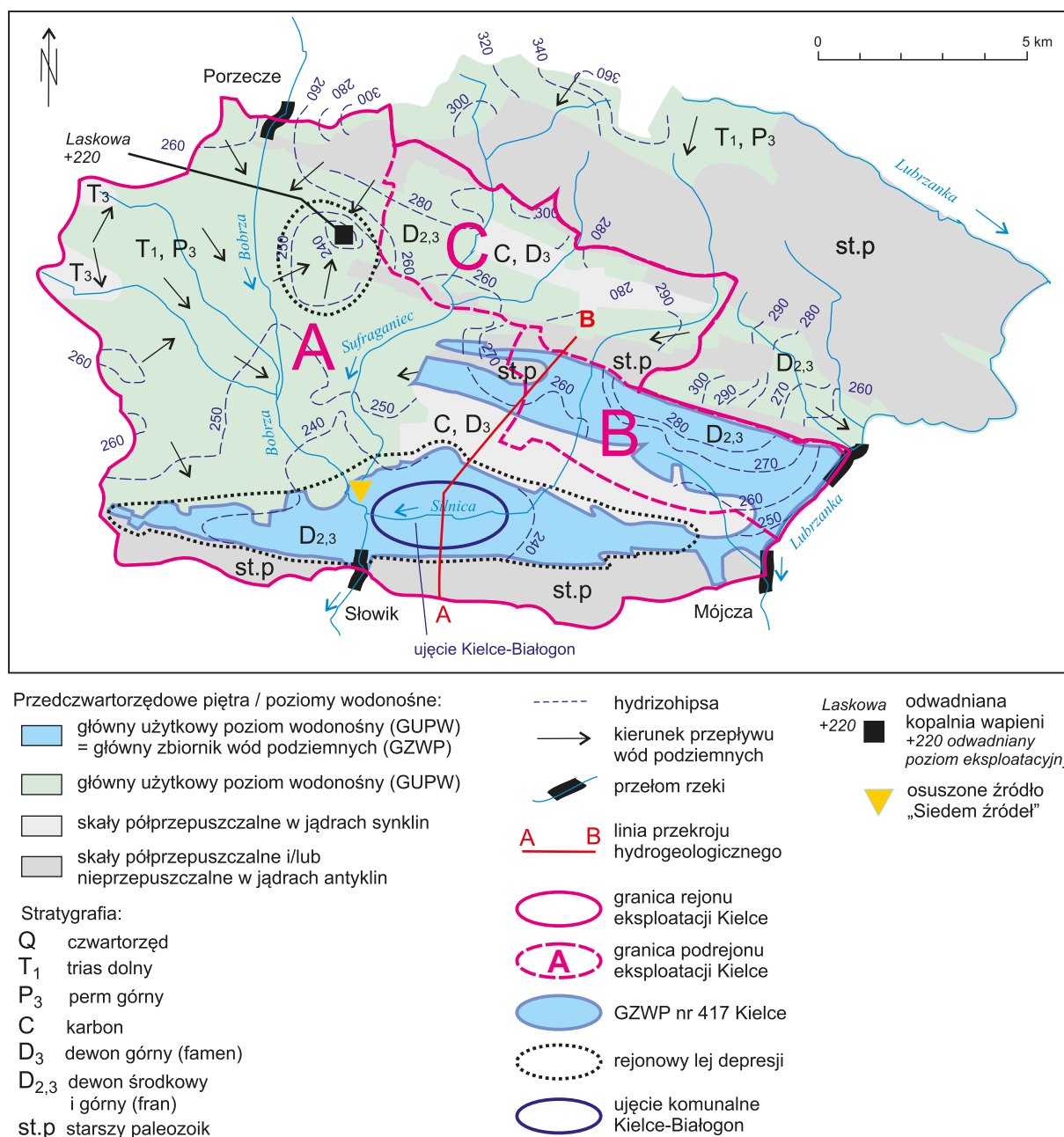
Rejon obejmuje zlewnię cząstkową Bobrzy pomiędzy jej przełomami w miejscowości Porzeczce na północy i w Słowiku na południu oraz fragment przylegającej do

niej od wschodu prawobrzeżnej zlewni Lubrzanki, w której kontynuują się główne struktury wodonośne ze zlewni Bobrzy. Granice północną, zachodnią i południową rejonu wyznaczają wododziały, a wschodnią – rzeka Lubrzanka. Granicę zachodnią stanowi dział wodny pomiędzy zlewnią Bobrzy i przylegającą do niej zlewnią Łososiny (Wiernej Rzeki), natomiast północną i południową – działły lokalne biegnące po szczytach wzgórz zbudowanych z nieprzepuszczalnych i półprzepuszczalnych skał starszego paleozoiku (ryc. 21, 22). Głównymi użytkowymi poziomami wodonośnymi są: czwartorzędowy, środkowotriasowy, dolnotriasowy, górnopermski oraz środkowo- i górnodedeński (fran). Obok nich występują również poziomy półprzepuszczalne, do których zaliczają się poziomy górnotriasowy i górnodedeński (famen) oraz półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne skały starszego paleozoiku, zawadnione głównie w swych zwietrzałych stropowych partiach.

Rejon ma dość skomplikowane warunki hydrogeologiczne wpływające w istotnym stopniu na kierunki przepływu wód podziemnych. Wydzielono w nim trzy podrejonu stanowiące odrębne obszary zasobowe (Prażak, 1994a). Rejon A obejmuje poziom środkowo- i górnodedeński (fran) w południowym skrzydle synkliny kieleckiej wraz z rozległym obszarem jego zasilania, w którym znajdują się wszystkie występujące w rejonie poziomy wodonośne, łącznie z zachodnią częścią poziomu środkowo- i górnodedeńskiego w północnym skrzydle synkliny. Od stanowiącej podrejon B części poziomu środkowo- i górnodedeńskiego (fran) w północnym skrzydle synkliny oddziela go wododział biegnący po niskowodonośnych i półprzepuszczalnych utworach dewonu górnego (famenu) w jej jądrze. Podrejon B



Ryc. 20. Przepływy rzeki Bobrzy w rejonie Zagnańsk (profil Umer)



Ryc. 21. Szkic hydrogeologiczny rejonu eksploatacji Kielce

obejmuje poziom środkowo- i górnodewoński wraz z obszarami jego zasilania w centralnej i wschodniej części północnego skrzydła synkliny kieleckiej, a podregion C ten sam poziom w synklinie miedzanogórskiej (ryc. 22).

Głównym użytkownikiem wód podziemnych w rejonie są Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o. (Prażak, Janecka-Styrcz, 2007). Znajduje się w nim najstarsze i dotychczas największe komunalne ujęcie wody Kielce-Białogon o zasobach eksploatacyjnych 1040 m³/h i aktualnym poborze wody w ilości 901 m³/h (podregion A) (fot. 8). Pobór wody ze studni w podregionach B i C jest obecnie niewielki. W ubiegłych latach był on znacznie większy, a leje depresji ujęć miały charakter rejonowy (łączyły się, obejmując znaczne części struktur wodonośnych) (Prażak, 1994a). Pomimo że w podregionach B

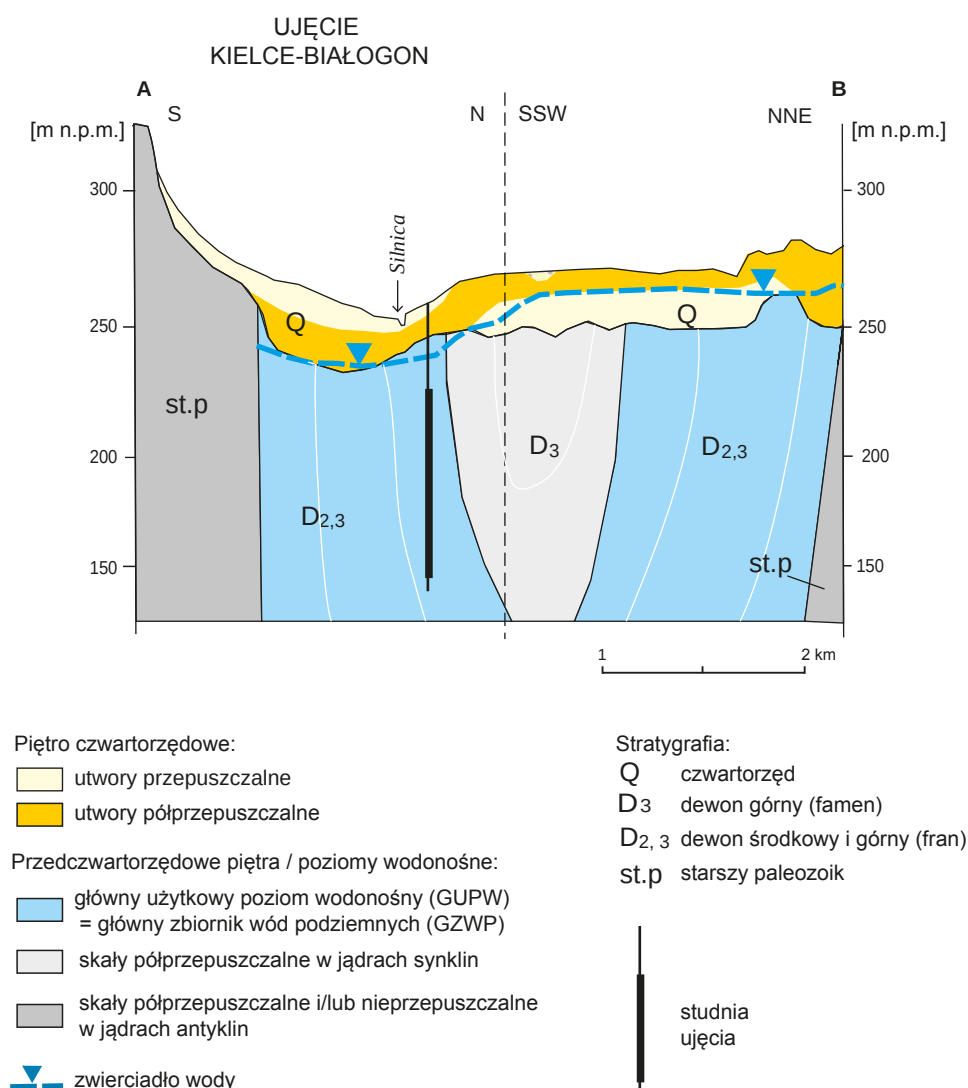
i C nie ma aktualnie intensywnej eksploatacji wód podziemnych, autor uważa, że powinny one być nadal objęte rejonem eksploatacji Kielce ze względu na ich strategiczne znaczenie dla awaryjnego zaopatrzenia miasta w wodę. W północnej części podregionu A znajduje się odwadniana kopalnia wapieni i dolomitów Laskowa (ryc. 21). Odwodnienie ma charakter czasowy. Woda odprowadzana do rzeki Bobrzy jest dobrej jakości i zawsze może być wykorzystana na potrzeby rolnictwa i przemysłu, a przy zmianie sposobu odwodnienia z rzepia na studnie głębinowe nawet do celów komunalnych.

Rejon eksploatacji Kielce zawsze miał podstawowe znaczenie dla zaopatrzenia miasta w wodę. Niemal do końca lat 20 XX w. zaopatrzenie w wodę pochodziło ze studni kopanych. Ze względu na częste epidemie chorób zakaźnych



Fot. 8. Strefa ochrony bezpośredniej komunalnego ujęcia wody Kielce-Białogon

konieczna była budowa wodociągu ze zdrową, czystą wodą. W 1927 r. amerykańska firma Ulen and Company udzieliła kredytu i rozpoczęła budowę wodociągu, a później także oczyszczalni ścieków. Źródłem wody było naturalne źródło tzw. Siedem Źródeł na terenie obecnego ujęcia w Białogoniu. Woda popłynęła do miasta już w 1929 r. (Pazdur, 1971; Szczepański, 1999). Zasoby źródła – ok. 400 m³/h – były jednak zbyt małe, żeby pokryć rosnące zapotrzebowanie miasta na wodę. Po II wojnie światowej w okolicy źródła, w ujściowym odcinku doliny rzeki Silnicy, na terenie tzw. Doliny Białogońskiej, rozpoczęto pobór wody także z odwierconych tam studni głębinowych. Z czasem studni przybywało, pobór wody był coraz większy i w 1974 r. naturalne źródło uległo już

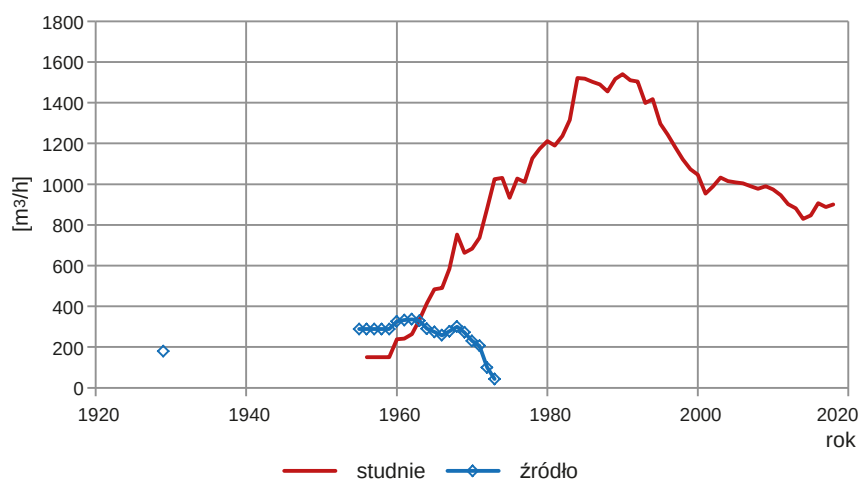


Ryc. 22. Przekrój hydrogeologiczny rejonu eksploatacji Kielce

osuszeniu (ryc. 23). W miarę wzrostu poboru wody powstawał coraz większy rejonowy lej depresji, który swym zasięgiem objął całe południowe skrzydło synkliny kieleckiej (ryc. 21, 22). Rzeki Silnica i Bobrza na wysokości ujęcia zmieniły swój charakter z drenujących na infiltrujący. Pierwotnie zwierciadło wody w dolinach rzecznych było napięte przez stropowe, wypełnione zwietrzeliną krasową, partie wapieni, a zwierciadło wody stabilizowało się ok. 1 m powyżej powierzchni terenu (Błach, 1968; Maszowski, Żak, 1976; Prażak, 1994a, b).

Pobór wody w powojennych Kielcach szybko wzrastał, w 1988 r. osiągnął niemal 1600 m³/h, lecz później wskutek zmniejszenia się zapotrzebowania miasta na wodę zaczął być coraz mniejszy – 901 m³/h w 2018 r. (ryc. 23).

Zasoby w kategorii B ujęcia w Białogonie ustalono i zatwierdzono w 1968 r. na 3600 m³/h (Błach, 1968, 1971). Ustalono je bez pompowania zespołowego studni i już od samego początku ich zatwierdzenia były poddawane dyskusji. W 1972 r. Instytut Kształtowania Środowiska w Poznaniu obliczył je na modelu analogowym w ilości 2000 m³/h (Pawuła, Górski, 1972; Górski, 1985), lecz pomimo akceptacji przez Komisję Dokumentacji Hydrogeologicznych nie doprowadziło to do zmiany decyzji zasobowej. Potrzebę korekty zasobów przedstawiono także w „Programie prac i badań udokumentowania zasobów wód podziemnych dla potrzeb aglomeracji Kielc” (Belcarz i in., 1983), następnie w „Projekcie badań hydrogeologicznych do kat. C terenów perspektywicznych do budowy dużych ujęć wód podziemnych w rejonie Kielce-Piekoszów i skorygowania w kat. B zasobów eksploatacyjnych Doliny Białogońskiej dla potrzeb aglomeracji Kielc” (Prażak i in., 1986). Potrzebę tę wskazano również w opracowaniu „Kryteria i warunki optymalnej eksploatacji dużych ujęć wód podziemnych w regionie świętokrzyskim” (Prażak i in., 1990). Prace związane z korektą zasobów eksploatacyjnych ujęcia podjął dopiero w 1994 r. Oddział Świętokrzyski Państwowego Instytutu Geologicznego w ramach tematu „Obszary gospodarowania wodą w regionie świętokrzyskim”. Zasoby ujęcia skorygowano wówczas do 1400 m³/h, z zaznaczeniem, że po 10 latach wymagają one dalszej korekty (Prażak, 1994a). Została ona dokonana w 2003 r. w „Dokumentacji hydrogeologicznej Rejonu Eksploatacji Wód Podziemnych (RE) Kielce – aktualizacja zasobów wód podziemnych ujęcia komunalnego w Kielcach-Białogonie” (Porwisch i in., 2003). Zasoby ujęcia zmniejszono do 1040 m³/h. Ilość ta została potwierdzona w kolejnym opracowaniu pt. „Dodatek nr 3 do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia komunalnego w Kielcach-Białogonie” (Rózkowski i in., 2017).

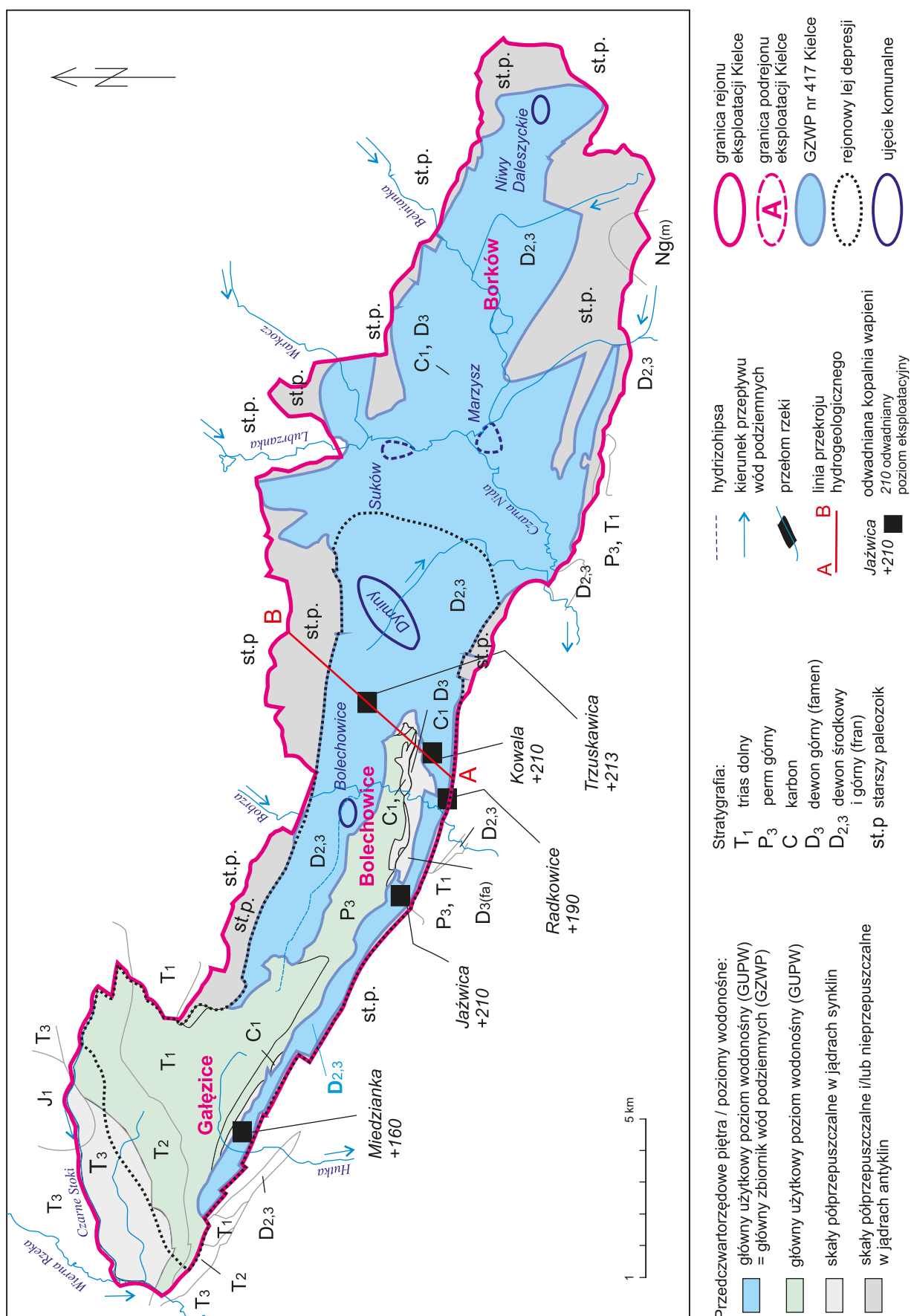


Ryc. 23. Pobór wody z ujęcia komunalnego Kielce-Białogon

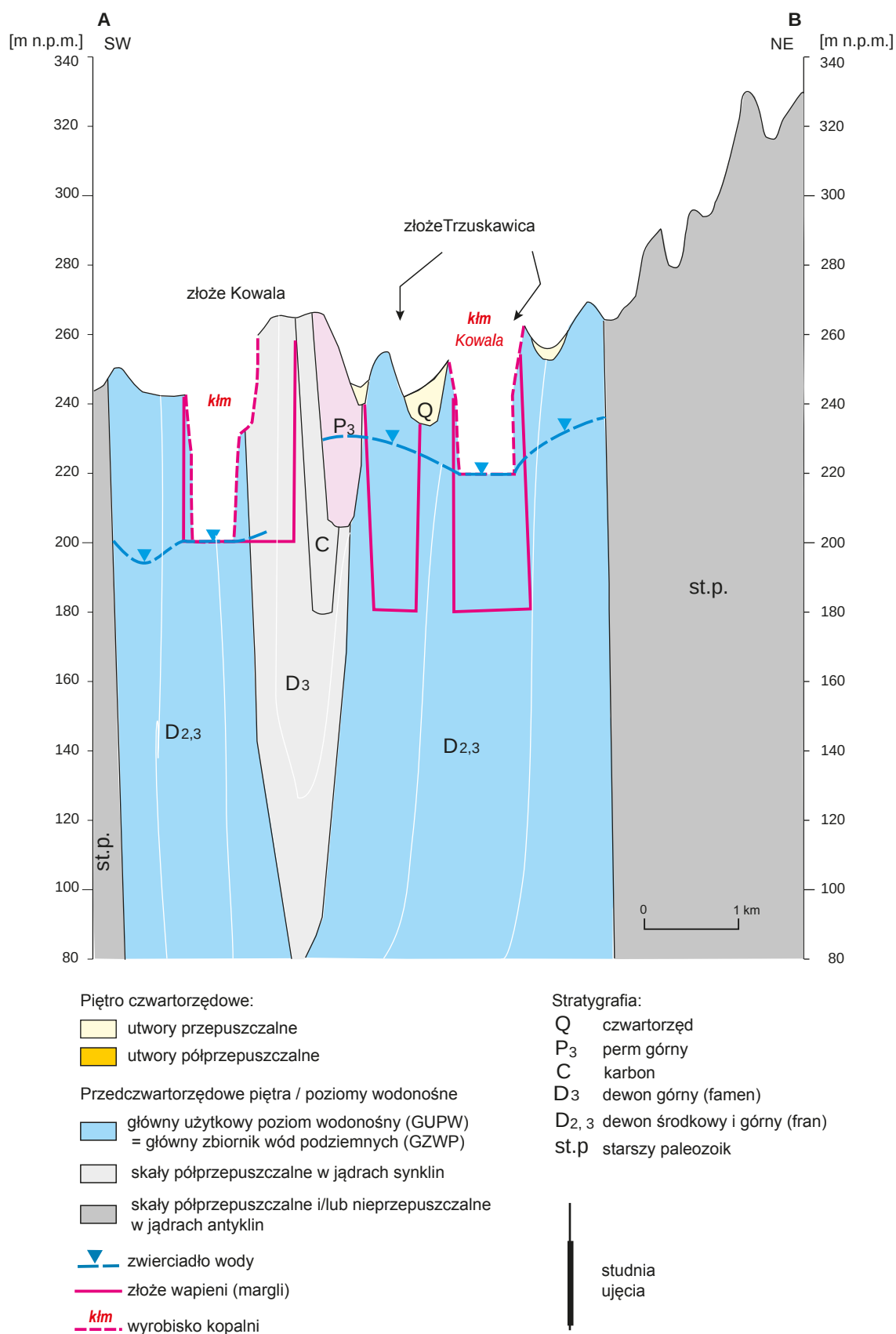
REJON EKSPLOATACJI GAŁĘŻICE–BOLECHOWICE–BORKÓW

Rejon obejmuje położoną na południe od Kielc synklinę gałęzicko-bolechowicko-borkowską, zbudowaną z utworów dewonu środkowego i górnego, a lokalnie także z karbonu o rozciągłości WNW–ESE. W zachodniej i centralnej części występują leżące na nich niezgodnie utwory permu i mezozoiku. Od północy, południa i wschodu otaczają ją odsłaniające się w jądrach antyklin skały starszego paleozoiku. Głównym użytkowym poziomem wodonośnym jest poziom środkowo- i górnodewoński (wapień i dolomity), a na obszarach zasilania jej i zachodniej części poziomy: górnopermski (zlepieńce, margle, mułowce), dolnotriasowy (piaskowce, mułowce, iłowce) i środkowotriasowy (wapień). Zalegający wyżej przy zachodnim skraju obszaru zasilania struktury poziom górnotriasowy (piaskowce, mułowce, iłowce) jest natomiast bardzo niskowodonośny. Podobnie jak poziom górnodewoński (famen: wapień, margle) w jądrze synkliny, a leżące na nim utwory karbonu (łupki, lokalnie wapień) są półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne. Półprzepuszczalne i/lub nieprzepuszczalne są także otaczające synklinę utwory starszego paleozoiku (kambr, ordowik, sylur, dewon dolny) (ryc. 24, 25). Poziom środkowo- i górnodewoński w synklinie ma rangę głównego zbiornika wód podziemnych (GZWP) wymagającego szczególnej ochrony (Kleczkowski, 1990a; Górka i in., 2011).

Rejon synkliny gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej już od lat 60. XX w. był postrzegany jako perspektywiczne źródło wody dla Kielc i miejscowych użytkowników. Ówczesny Instytut Geologiczny wykonał tam szereg otworów hydrogeologiczno-badawczych, udokumentował ich zasoby w kategorii B, a zasoby całej struktury w kategorii C (Maszowski, Żak, 1968a). Jednocześnie dokumentowano tam duże złoża wapieni i dolomitów dla powstających zakładów cementowo-wapienniczych w Nowinach i Trzuskawicy oraz



Ryc. 24. Szkic hydrogeologiczny regionu eksploatacji Gałęzice–Bolechowice–Borków



Ryc. 25. Przekrój hydrogeologiczny rejonu Gałęzice-Bolechowice-Borków

budownictwa, drogownictwa i innych gałęzi przemysłu, a sam rejon nazwano Białym Zagłębiem (fot. 9).

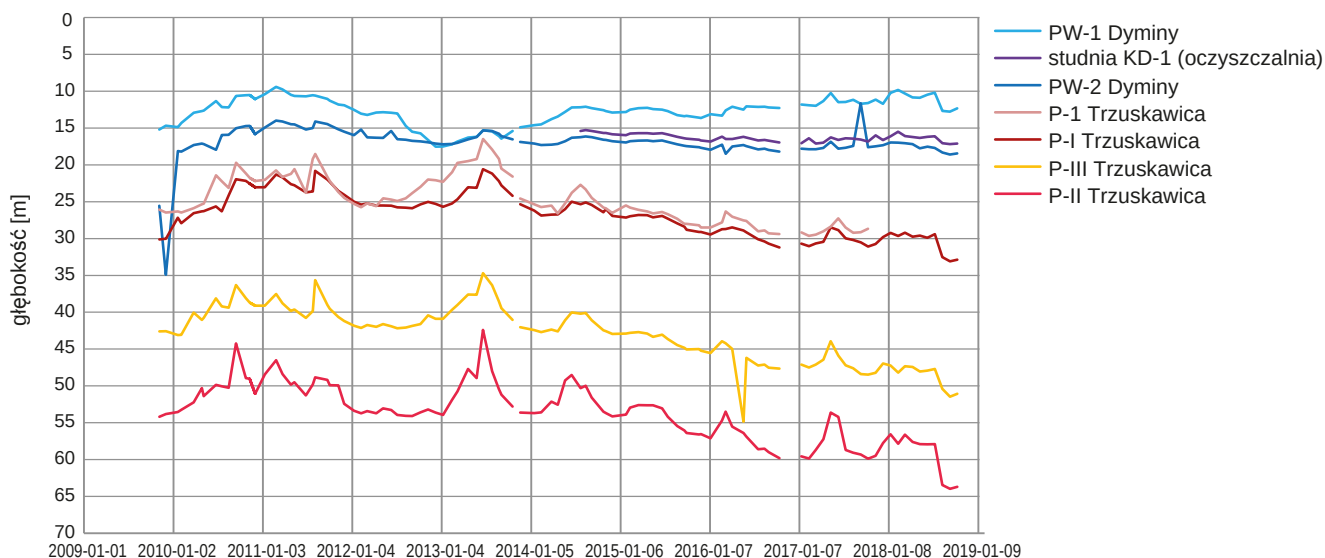
Na rejon Gałęzice–Bolechowice–Borków jako potencjalne źródło wody dla Kielc zwrócono ponownie uwagę w 1983 r. (Belcarz i in., 1983). Przy pomocy modelowania matematycznego oceniono zawodnienie kopalń i możliwości poboru wody dla celów komunalnych z barier studni odwodnieniowych (Szczepański i in., 1984). We wschodniej części rejonu zaprojektowano szeroko zakrojone badania hydrogeologiczne, na podstawie których udokumentowano w kategorii B zasoby ujęć w Sukowie i Marzyszu w ilości 623 m³/h (Maszońska, 1995). W tym czasie zapotrzebowanie miasta na wodę zaczęło już ulegać wyraźnemu zmniejszeniu i Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o. zrezygnowały z tego ujęcia przekazując je gminie Daleszyce. Uwaga miasta skupiła się na dzielnicy Dyminy, gdzie powstał wodochłonny Browar Belgia. Pobierano wodę ze studni istniejących ujęć i zbu-



Fot. 9. Koparka do zbierania urobku w wyrobisku kopalni Kowala Mała (w środku autor)

dowano nowe w rejonie ulicy Nastole. Browar miał duże plany rozwojowe, co wiązało się ze znacznym wzrostem zapotrzebowania na wodę. Zwrócono wówczas ponownie uwagę na możliwość wykorzystania wód kopalnianych. Jednocześnie zagrożenie zasobów eksploatacyjnych ujęć wody na skutek coraz to większego oddziaływania odwodnień wyrobisk górniczych stawało się coraz bardziej widoczne. Na zlecenie Gminy Kielce wykonano pracę pt. „Wskazania możliwości pozyskania dla miasta Kielce wód kopalnianych z obszaru Gałęzice–Bolechowice–Borków wraz z określeniem wpływu odwodnień górniczych na zasoby komunalnych ujęć wód podziemnych Kielce – na podstawie badań modelowych” (Prażak i in., 2005). Kolejnym krokiem było udokumentowanie wspólnych zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych w rejonie Dyminy (na terenie Fabryki Domów i Browaru Belgia) na 459 m³/h (Okrajewska, Buczkowski, 2007). Odwiercono tam kolejne trzy nowe studnie. Browar Belgia zakończył jednak swoją działalność w 2009 r. i ustała presja na pozyskanie z ujęć w Dyminach większej ilości wody. Obecny pobór z ujęcia jest stosunkowo niewielki i wynosi tylko 111 m³/h. Wzrasta natomiast odwodnienie wyrobisk górniczych, które w 2018 r. wynosiło 3257 m³/h i ciągle wzrasta. Ujęcie w Dyminach jest jednak nadal postrzegane jako awaryjne źródło wody dla Kielc. W celu bieżącej oceny wpływu okolicznych odwodnień górniczych na zdolności eksploatacyjne poszczególnych studni Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o. prowadzą tam obserwacje zwierciadła wód podziemnych we własnej sieci obserwacyjnej (ryc. 26).

Głębokie odwodnienia wyrobisk górniczych kopalń Miedzianka, Jaźwica, Radkowice, Kowala i Trzuskawica wraz z ujęciami wód podziemnych spowodowały powstanie rozległego rejonowego leja depresji, obejmującego całą centralną i zachodnią część struktury środkowo- i górnodewońskiej wodonośnej oraz przyległe do niej od strony zachodniej górnopermski, dolnotriasowy i środkowotriasowy poziomy wodonośne. W bezpośrednim sąsiedztwie kopalń jego głąbo-



Ryc. 26. Wpływ odwodnień górniczych na stan zwierciadła wód podziemnych w otworach obserwacyjnych w rejonie ujęcia komunalnego Kielce w Dyminach

kość wynosi kilkadziesiąt metrów i wciąż wzrasta w miarę udostępniania coraz to niższych poziomów eksploatacyjnych. Wyniki ostatnich badań pozwalają przypuszczać, że w części zachodniej lej depresji rejonu Gałęzice–Bolechowice–Borków mógł połączyć się już z lejem depresji rejonu eksploatacji Kielce (Rózkowski i in., 2017; Młyńczak i in., 2019).

Część struktury wodonośnej położona na wschód od rzeki Lubrzanki (rejon Borkowa) obecnie nie jest objęta intensywną eksploatacją wód podziemnych i nie sięga do niej rejonowy lej depresji. Nie planuje się tam także znaczącego wzrostu poboru wody. Obszar lokalnego bilansu wód podziemnych można więc ograniczyć na wschodzie do rzeki Lubrzanki. Niemniej jednak, mając na uwadze, że jest to rejon perspektywiczny dla awaryjnego zaopatrzenia Kielc w wodę z Sukowa i Marzysza, ta część struktury wodonośnej powinna nadal pozostać w granicach rejonu i być włączona do lokalnego obszaru bilansowego.

Badania hydrogeologiczne i bilanse wodne w rejonie są wykonywane przez różne podmioty gospodarcze, tj.: poszczególne kopalnie, gminę Kielce, Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o., i na inne potrzeby, np. wyznaczenia obszarów ochronnych GZWP lub stref ochrony ujęć wód podziemnych. Wskazane jest, żeby ich obliczenia były wykonywane na jednym stacjonarnym modelu matematycznym. Obecnie w znacznej mierze cel ten spełnia model wykonany w 2005 r. (Prażak i in., 2005), a za zgodą właściciela (Gmina Kielce) obliczenia na nim wykonywali różni autorzy. Dla sprawnego funkcjonowania gospodarki wodnej w tym rejonie, podobnie jak i w innych rejonach intensywnej eksploatacji wód podziemnych, potrzebny jest jednak stały opiekun modelu, który na bieżąco gromadziłby wszystkie informacje hydrogeologiczne w celu szybkiego wykonania potrzebnych obliczeń bilansowych (Białecka, Prażak, 2018).

CHEMIZM I JAKOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH

Niniejsza praca zawiera szczegółową charakterystykę wód zwykłych w zlewni Nidy. W jej południowo-wschodniej części, w rejonie Buska-Zdroju, oprócz nich występują także intensywnie eksploatowane mineralne wody lecznicze. Autor podaje tylko ogólny ich opis, odsyłając do poświęconej im bogatej literatury.

WODY ZWYKŁE

Skład chemiczny, właściwości fizyczne i jakość zwykłych wód podziemnych są badane w trakcie dokumentowania i eksploatacji ujęć wody, wykonywania regionalnych dokumentacji hydrogeologicznych, map hydrogeologicznych oraz w ramach monitoringu wód podziemnych prowadzonego w sieciach krajowej, regionalnych i lokalnych (Prażak, 2000, 2002). W niniejszej pracy typ chemiczny wody określono wg klasyfikacji Altowskiego-Szwieca, a jakość wg klasyfikacji używanej obecnie na potrzeby monitoringu wód podziemnych, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (DzU Nr 143 poz. 896). W myśl przyjętych w niej kryteriów klasy jakości I, II i III oznaczają dobry stan chemiczny wody, a klasy IV i V słaby stan. Ocenie poddano także trwałość jakości wody dużych ujęć komunalnych Kielc w zakresie jej jonów głównych, w tym jonu NO_3^- .

W świetle wyników wykonanych w latach 2017–2018 badań monitoringu wód podziemnych w sieci krajowej, w badanej zlewni dominowały naturalne w naszym klimacie wody typu $\text{HCO}_3\text{--Ca}$ i stwierdzonego tylko w jednym punkcie (utwory jury górnej na głęb. 248,0–285,0 m – stacja hydrogeologiczna I rzędu Białowieża) typu $\text{HCO}_3\text{--Ca--Mg}$. Spotykane miejscami inne typy wody (np. $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Ca}$, $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca--Mg}$ i $\text{Cl--HCO}_3\text{--Ca--Na}$) świadczą natomiast o lokalnych jej zanieczyszczeniach (tab. 5, ryc. 27).

W przeważającej liczbie punktów monitoringu wód podziemnych sieci krajowej występowały wody II i III klasy jakości (dobry stan chemiczny). Wody klasy IV i V, świadczące o jej słabym stanie chemicznym, stwierdzono tylko lokalnie w czterech punktach, a przyczyną obniżenia ich klasy były podwyższone zawartości amoniaku, siarczanów, potasu, wapnia, żelaza i manganu lub wartości odczynu wody (tab. 5, ryc. 28). Wyniki te potwierdzają, że wody podziemne w zlewni są ogólnie dobrej jakości i mogą być przeznaczone do spożycia przez ludzi bez uzdatniania lub po uzdatnieniu prostym np. ze względu na podwyższoną zawartość żelaza. Lokalnie zanieczyszczony jest najczęściej odkryty poziom czwartorzędowy o podrzędnym znaczeniu użytkowym.

Niezależnie od monitoringu w ramach innych prac badawczych szczegółowymi badaniami są również objęte mikroskładniki wód podziemnych skał węglanowych i siarczanowych Niecki Nidziańskiej (Jóźwiak, Rózkowski, 2015).

Stabilność składu chemicznego zwykłych wód podziemnych zależy od rodzaju i natężenia presji z ognisk zanieczyszczeń. Jako wskaźnik jej oceny przyjęto zawartość chlorków, siarczanów i azotanów w wodzie ze studni dużych ujęć komunalnych Kielc w Białogonie i Zagnańsku w latach 1994–2018.

W wodzie ze studni ujęcia Kielce-Białogon zaznacza się wyraźnie wzrost zawartości chlorków w granicach 10–55 mg/l, stały poziom zawartości siarczanów w granicach 5–65 mg/l, a od 2015 r. nawet niewielki ich spadek, oraz wzrost zawartości azotanów do 2003 r. w granicach 1–45 mg/l, a następnie ich stabilizacja lub niewielki spadek (ryc. 29, 30, 31). Powyższa analiza wskazuje, że najbardziej istotną jest presja powodująca wzrost zawartości chlorków. Ma to najprawdopodobniej związek z coraz to większą zabudową obszaru zasilania ujęcia i używaniem zimą soli do odśnieżania dróg. Ich zawartość jest jednak jeszcze stosunkowo niska i nie wpływa na jakość wody. Na spadek zawartości

azotanów ma natomiast wpływ zmniejszenie nawożenia pól uprawnych na obszarze zasilania ujęcia.

Woda ujęcia w Zagnańsku ma bardzo zróżnicowany skład chemiczny. W przypadku chlorków ich zawartość jest niewielka, w granicach 1–30 mg/l, a po 2004 r. nastąpił nawet ich niewielki spadek (ryc. 32). Zaznacza się natomiast duże zróżnicowanie zawartości siarczanów od 10 do 150 mg/l, a w jednej ze studzien dochodzi nawet do 370 mg/l, z tym że ich poziom w poszczególnych studniach

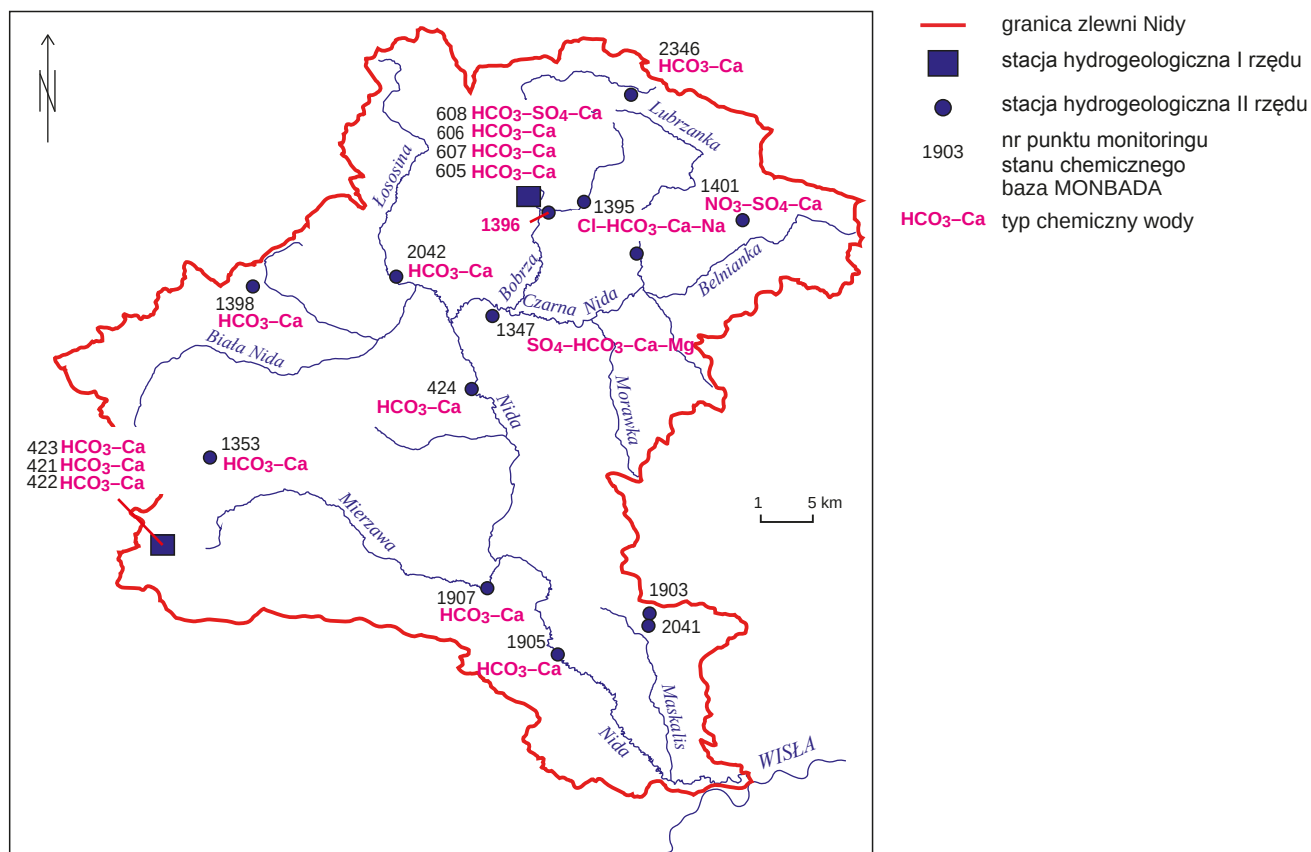
jest raczej stabilny (ryc. 33). Azotany występowały w ilościach 2–35 mg/l z wyraźną tendencją spadkową po 1999 r., która najprawdopodobniej wynika z mniejszego nawożenia okolicznych pól uprawnych. (ryc. 34). Pochodzenie siarczanów jest w tym rejonie geogeniczne. Największa ich ilość (do 370 mg/l) występuje w studni ujmującej wapienie dewonu środkowego w zrubie tektonicznym. W studniach ujmujących poziomy dolnotriasowy i górnopermski jest znacznie niższa i wynosi od ok. 10 do 150 mg/l (maks. 240 mg/l).

Tabela 5

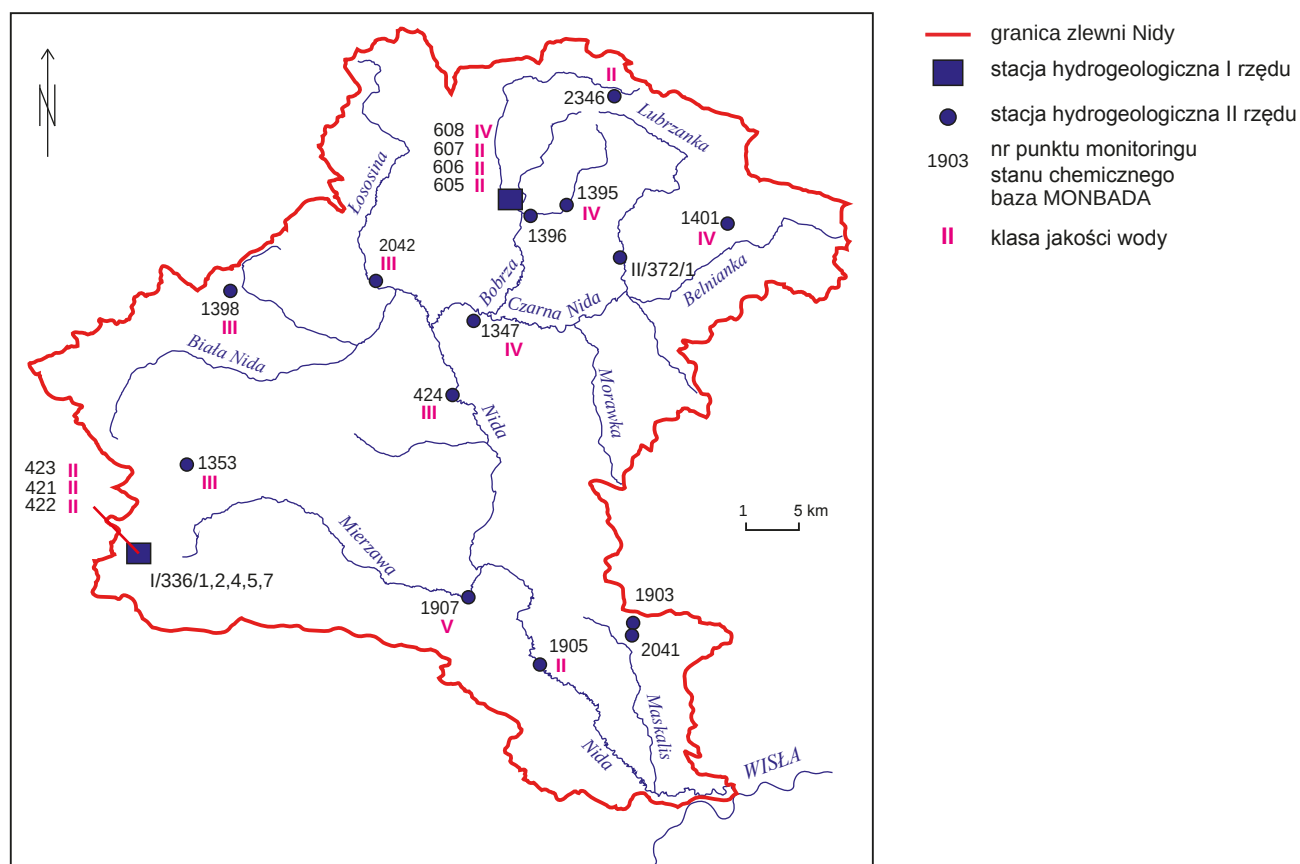
Typ chemiczne i klasy jakości wody w punktach monitoringu jakości wód podziemnych sieci krajowej

Lp.	Nazwa własna	Nr punktu w bazie MONBADA	Stratygrafia ujętej warstwy wodonośnej	Głębokość filtra od-do [m]	Typ chemiczny wody	Klasa jakości wody
1.	Nałęczów w Kielcach	608	Q	10,5–18,5	HCO ₃ –SO ₄ –Ca	IV (pH, Mn)
2.		607	T ₁	43,0–83,0	HCO ₃ –Ca	II
3.		606	P ₃	167,0–183,0	HCO ₃ –Ca	II
4.		605	D ₂	192,0–250,0	HCO ₃ –Ca	II
1.	Białowieża k. Sędziszowa	423	K ₃ węglanowy	43,5–92,0	HCO ₃ –Ca	II
2.		421	K ₃ piaskowce piaski	190,3–230,1	HCO ₃ –Ca	II
3.		422	J ₃	248,0–285,0	HCO ₃ –Ca–Mg	II
1.	Wola Jachowa	1401	Q	20,0–24,0	HCO ₃ –Ca	IV
2.	Chroberz	1905	Q	6,1–10,7	HCO ₃ –Ca	II
3.	Lipno	1398	K ₃	18,0–28,0	HCO ₃ –Ca	II
4.	Mokrsko	424	K ₃	19,0–25,0	HCO ₃ –Ca	II
5.	Sieńsko	1353	K ₃	25,0–29,0	HCO ₃ –Ca	II
6.	Michałów	1907	K ₃	14,0–20,0	HCO ₃ –Ca	V (K, NH ₄ , Fe)
7.	Busko-Zdrój*	1903	K ₃	88,4–136,0	Cl–Na	–
8.	Busko-Zdrój*	2041	K ₃	267,3–294,3	Cl–Na	–
9.	Bocheniec	2042	J ₃	36,0–60,0	HCO ₃ –Ca	III
10.	Wolica	1347	T ₃	13,5–21,5	SO ₄ –HCO ₃ –Ca–Mg	IV (Ca, SO ₄)
11.	Ściegna	2346	T ₁	49,9–50,0	HCO ₃ –Ca	II
12.	Kielce-Kadzielnia	1395	D ₂	37,0–60,0	Cl–HCO ₃ –Ca–Na	IV (Mn, Fe)

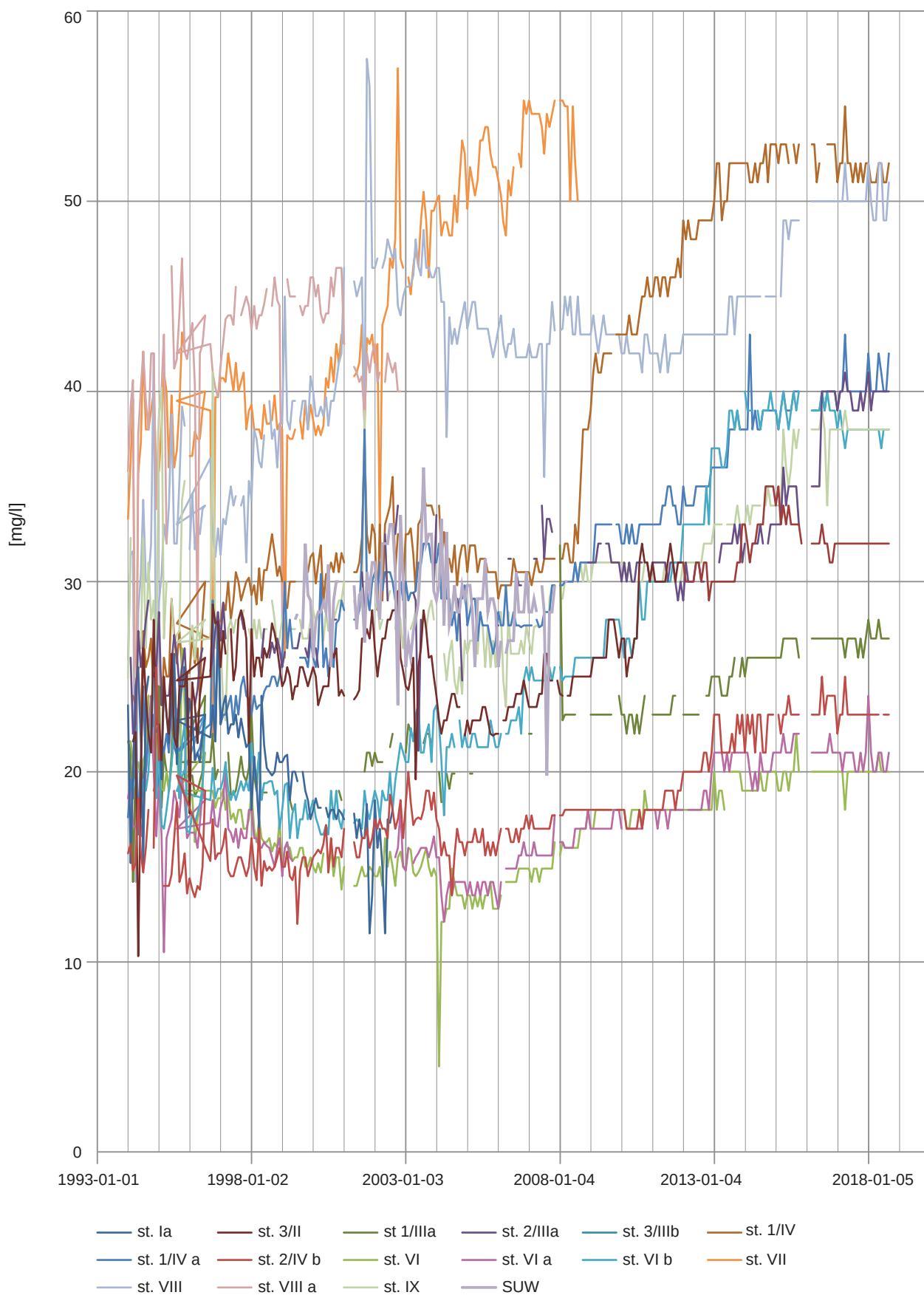
*punkt ujmuje wody zmineralizowane



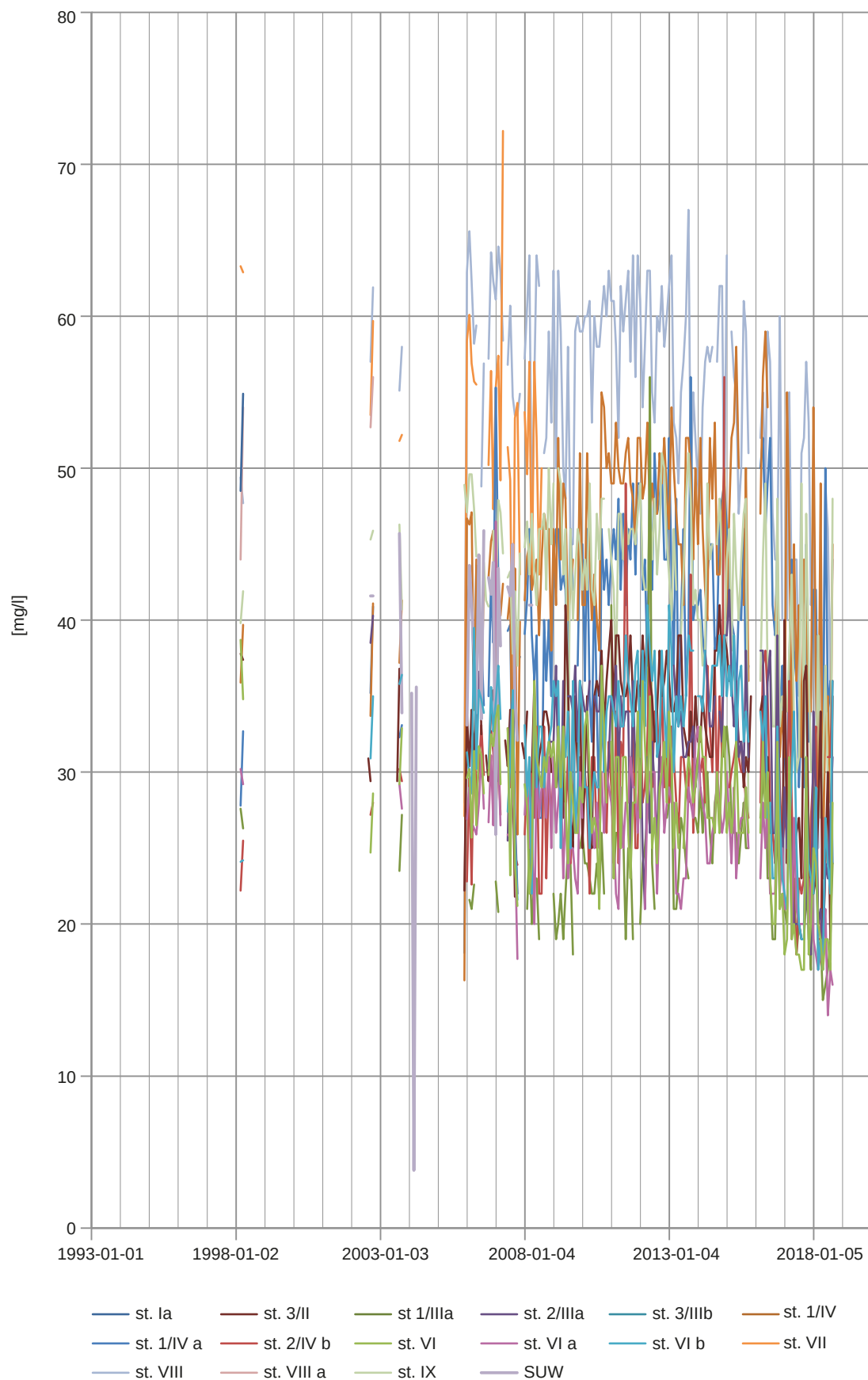
Ryc. 27. Typy chemiczne wody w punktach obserwacyjno-badawczych sieci krajowej monitoringu wód podziemnych



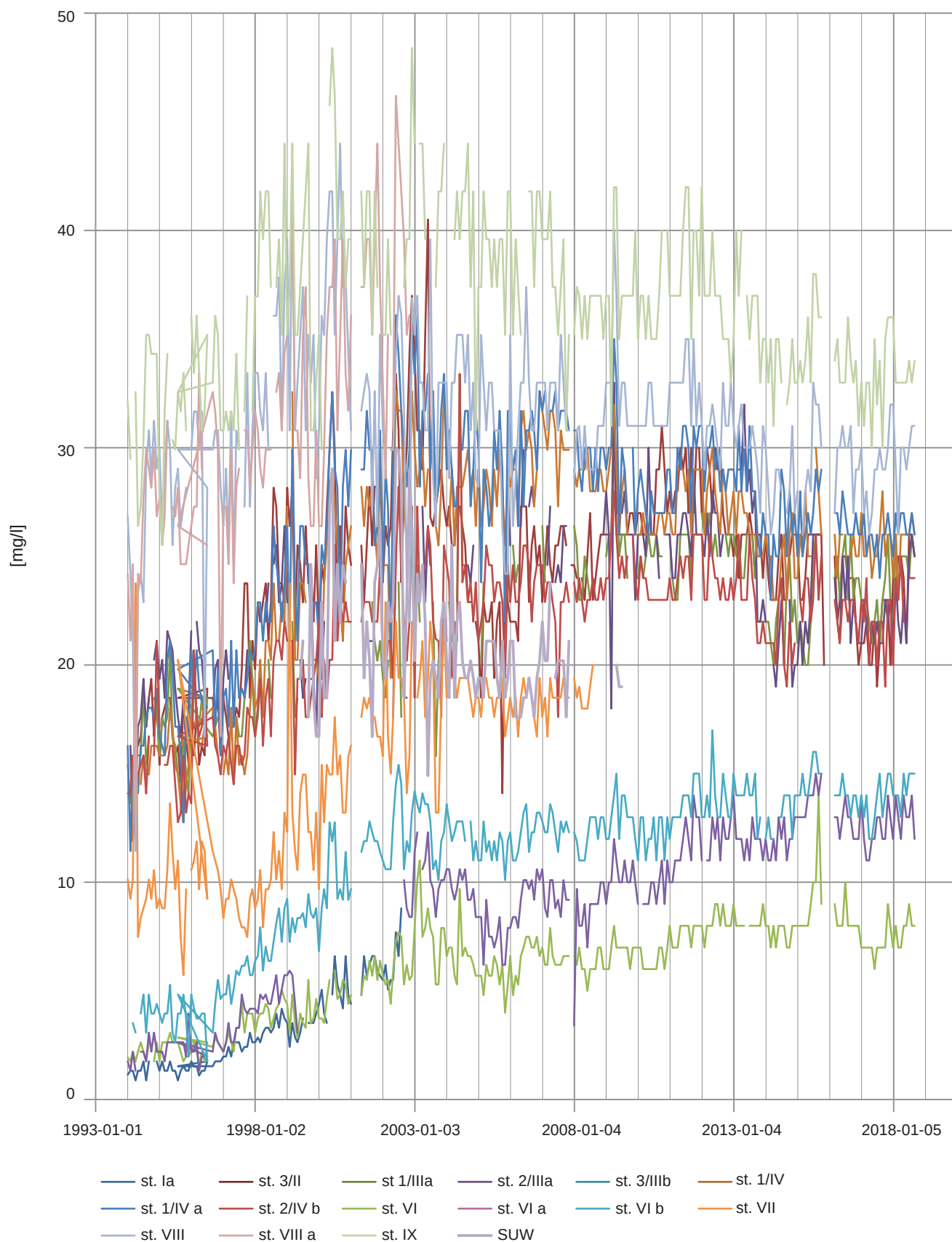
Ryc. 28. Klasy jakości wody w punktach obserwacyjno-badawczych sieci krajowej monitoringu wód podziemnych



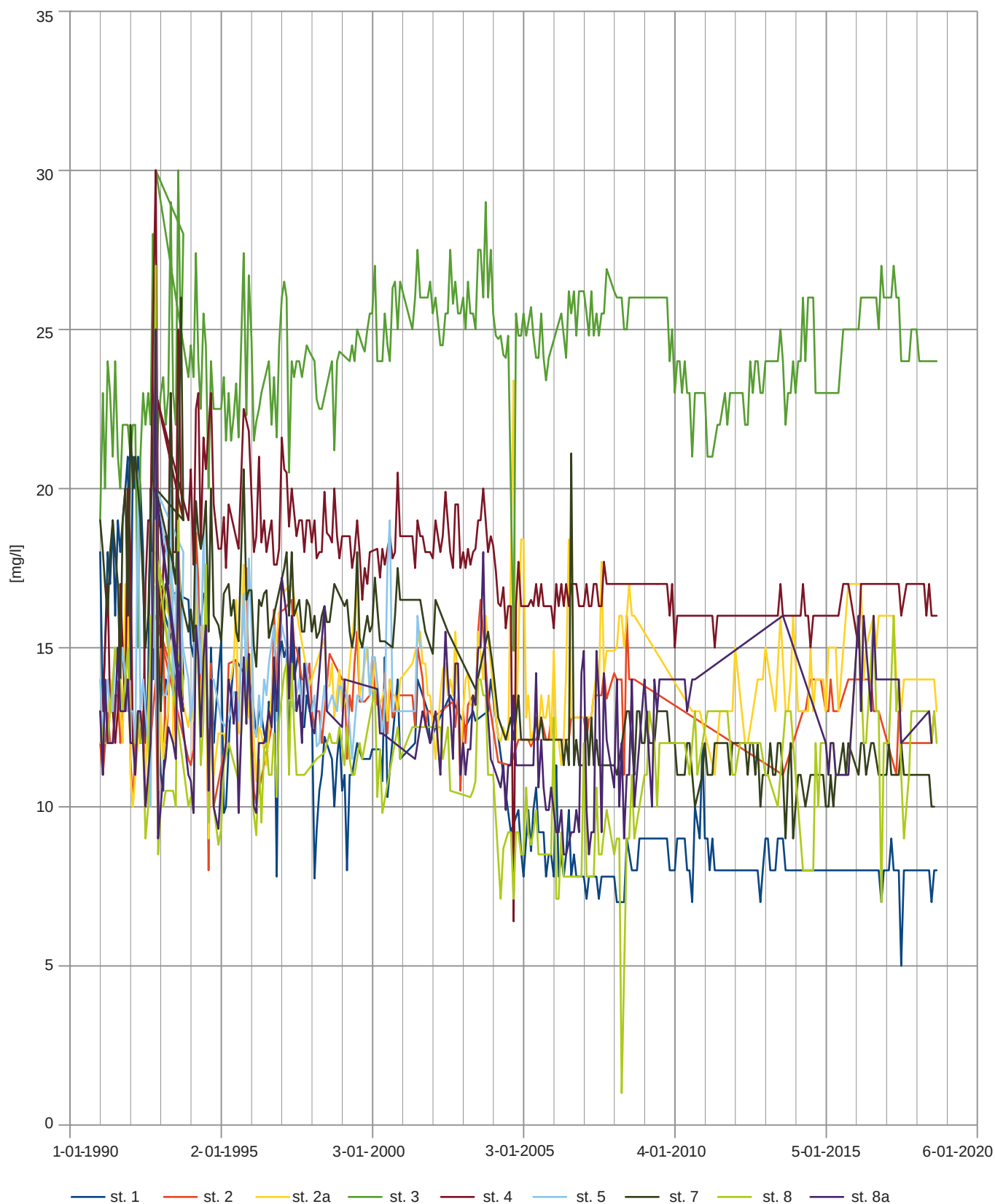
Ryc. 29. Zawartość chlorków w wodzie ze studni ujęcia komunalnego Kielce-Białogon w latach 1994–2018



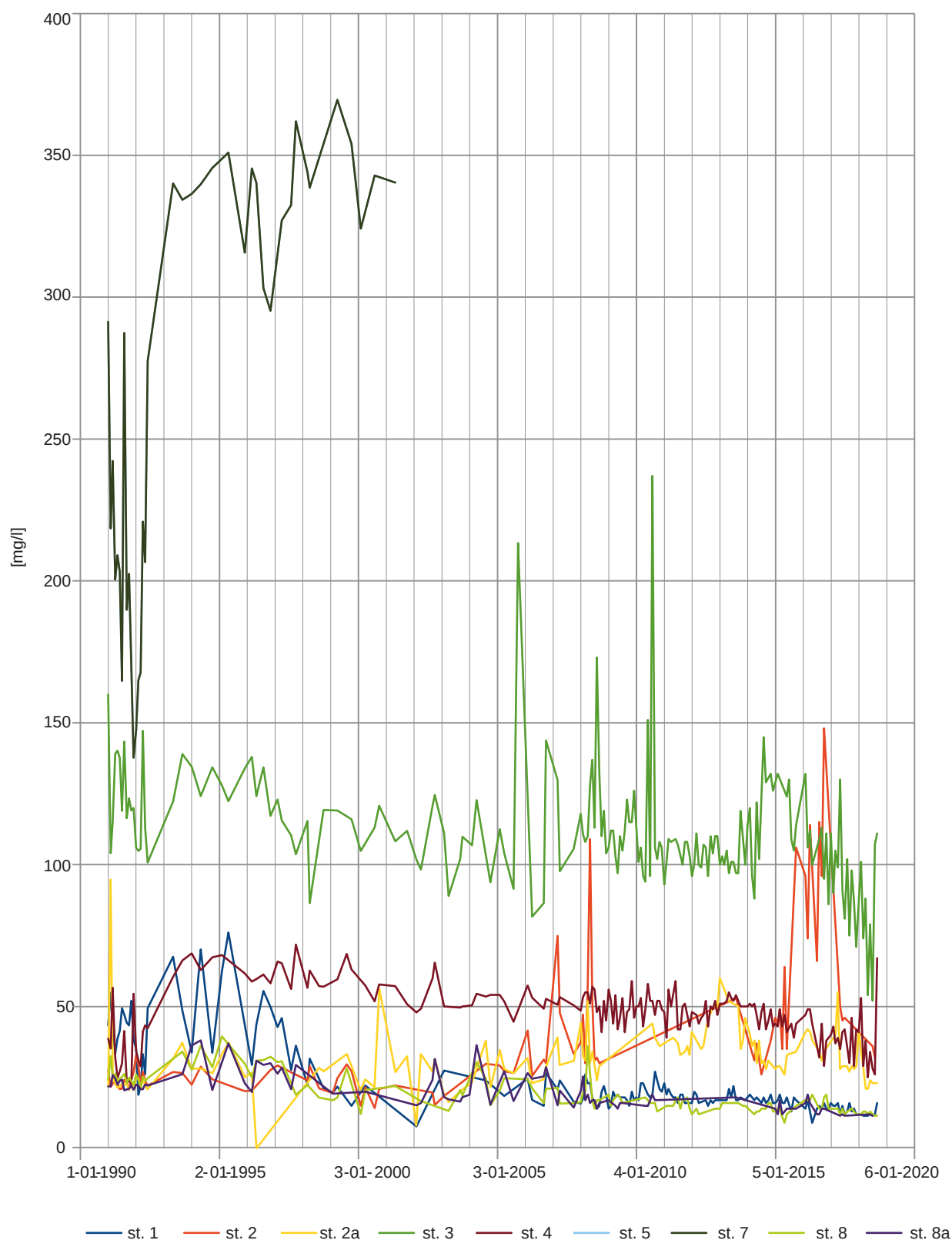
Ryc. 30. Zawartość siarczanów w wodzie ze studni ujęcia komunalnego Kielce-Białogon w latach 1994–2018



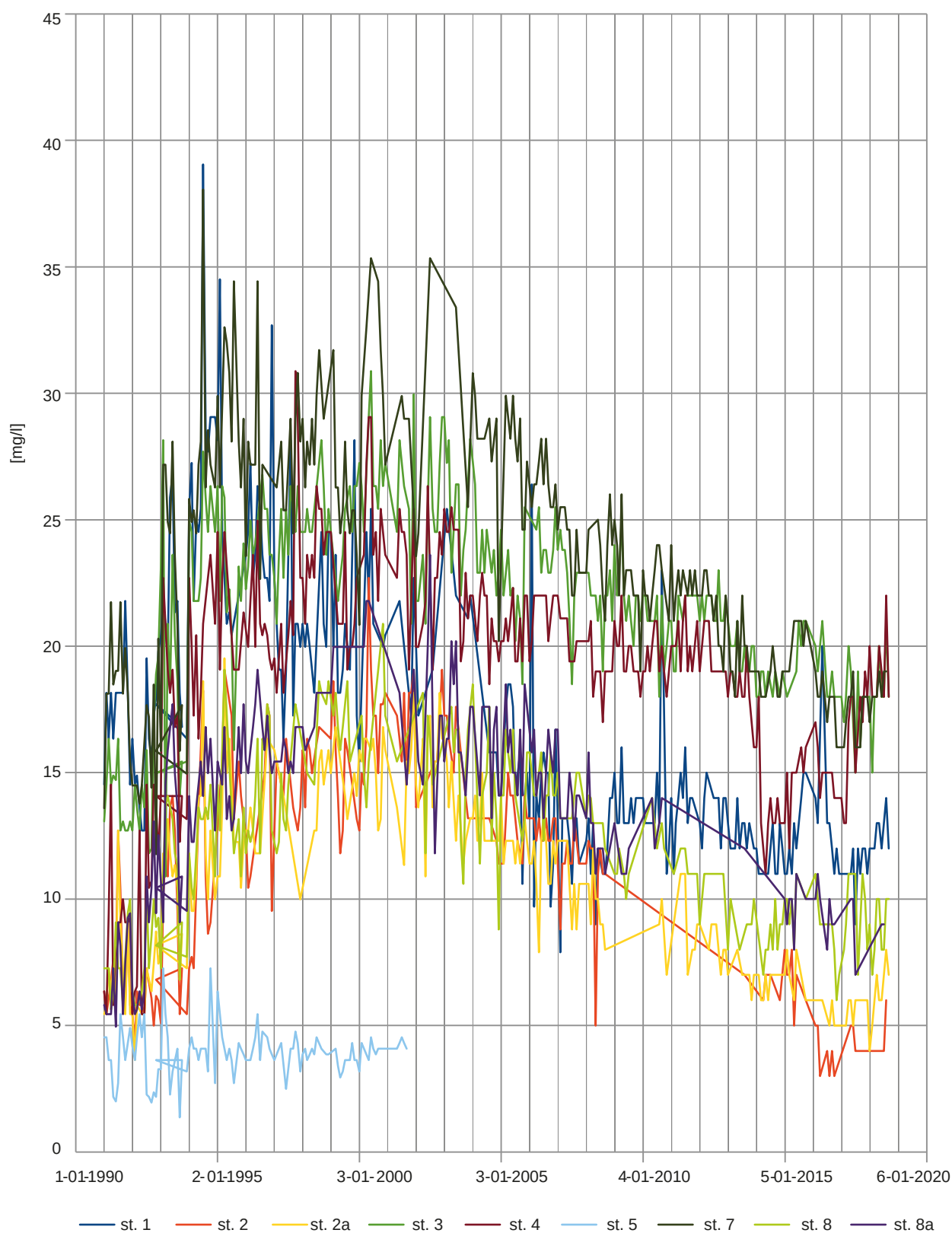
Ryc. 31. Zawartość azotanów w wodzie ze studni ujęcia komunalnego Kielce-Białogon w latach 1994–2018



Ryc. 32. Zawartość chlorków w wodzie ze studni ujęcia komunalnego w Zagnańsku w latach 1994–2018



Ryc. 33. Zawartość siarczanów w wodzie ze studni ujęcia komunalnego w Zagnańsku w latach 1994–2018



Ryc. 34. Zawartość azotanów w wodzie ze studni ujęcia komunalnego w Zagnańsku w latach 1994–2018

WODY MINERALNE I LECZNICZE

W południowo-wschodniej części ujściowego odcinka omawianej zlewni, w rejonie Buska-Zdroju, poniżej strefy aktywnego krążenia wód podziemnych, występują wody o podwyższonej mineralizacji, a lokalnie także i termalne. W kilku złożach udokumentowano je jako wody lecznicze (fot. 10). Nie są one związane bezpośrednio z systemem wodonośnym wód słodkich. W pracy przedstawiono jedynie ich pozycję hydrodynamiczną i ogólną charakterystykę. W celu ich bliższego poznania autor odsyła do literatury podsumowującej dotychczasowe wyniki badań (Herman, Gągoł, 2000; Lisik, 2010; Prażak, 2010; Rózkowski A., Rózkowski J., 2010; Lisik, Szczepański, 2014, 2018; Dendys, 2018). Wody słodkie występują tam w osadach czwartorzędowych (piaski, iły, gliny), występujących lokalnie utworach mioceanu (iły, gipsy) oraz w stropowych partiach margli i wapieni kredy górnej do głębokości ok. 60–80 m. Poniżej węglanowe utwory kredy o miąższości od kilkudziesięciu do ponad 100 m są półprzepuszczalne lub nieprzepuszczalne, co powoduje, że wody mineralne w zalegających pod nimi wodonośnych, także górnokredowych, piaskach i piaskowcach cenomanu (miąższość ok. 30 m) są odizolowane od wód słodkich. Są to wody siarczkowe z siarkowodorem o mineralizacji ok. 10 mg/l. Zmineralizowane są także wody w niższej leżących wapieniach jury górnej. Zwierciadło wody w utworach cenomanu i jury jest napięte i z reguły stabilizuje się powyżej poziomu terenu.

Wody lecznicze są udokumentowane i eksploatowane ze złóż: Busko-Północ (C-1), Las Winiarski i Busko II. Znajdują się one w systemie głębokiego krążenia wód podziemnych niecki miechowskiej i zapadliska przedkarpackiego. Zatwierdzone ich zasoby eksploatacyjne i pobór wody w 2017 r. wg „Bilansu zasobów kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2017 r.” (Szuflicki i in., 2018) podano w tabeli 6. W ostatnich latach pobór wód leczniczych ze złóż w rejo-



Fot. 10. Sanatorium Marconi w Busku-Zdroju

nie Buska-Zdroju wyraźnie wzrasta i należy przypuszczać, że z każdym rokiem będzie się zwiększał, aż do granicy zatwierdzonych zasobów. Aktualnie została złożona w Ministerstwie Środowiska dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych rejonu Buska-Zdroju i Solca-Zdroju, która oczekuje na zatwierdzenie.

Tabela 6

Zasoby i pobór wód leczniczych w zlewni Nidy w rejonie Buska-Zdroju (wg Szuflickiego i in., 2018)

Złoże wód leczniczych	Zasoby eksploatacyjne [m³/h]	Pobór wody [m³/rok]	Pobór wody przeliczony na m³/h
Busko-Północ	15,00	22 680,00	2,59
Busko II	16,75	54 137,80	6,18
Las Winiarski	3,11	13 092,00	1,49

ZASOBY WÓD PODZIEMNYCH I PROBLEMY W ZAGOSPODAROWANIU

Skomplikowana budowa geologiczna i zróżnicowane warunki hydrogeologiczne omawianej zlewni powodują, że dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych na jej terenie są rozłożone nierównomiernie, szczególnie w jej północnej części. Nierównomiernie rozkłada się również zapotrzebowanie na wodę.

ZASOBY DYSPOZYCYJNE WÓD PODZIEMNYCH

Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych ustalone i zatwierdzone dla zlewni Nidy są wystarczające do pokrycia obecnego zaopatrzenia wszystkich miejscowych użytkowników w wodę dla celów komunalnych, rolnictwa i przemysłu. W planach perspektywicznych nie przewiduje się braku wody i dostarczania jej spoza granic zlewni. Niemniej jednak na niektórych obszarach w jej północnej części ujawnia się wiele problemów i konfliktów dotyczących między in-

nymi nierównomiernego rozmieszczenia zasobów wodnych i odwodnień wyrobisk górniczych.

Rozmieszczenie zasobów wód podziemnych w górnej części zlewni jest zróżnicowane przez bardzo zmienną wodonośność skał w fałdowych strukturach geologicznych, a na znacznych obszarach występują tylko skały półprzepuszczalne i /lub nieprzepuszczalne. Położone tam miejscowości zaopatrują się w wodę z wodociągów gminnych (komunalnych), pobierających wodę z sąsiednich struktur wodonośnych.

ZASOBY EKSPLOATACYJNE WÓD PODZIEMNYCH

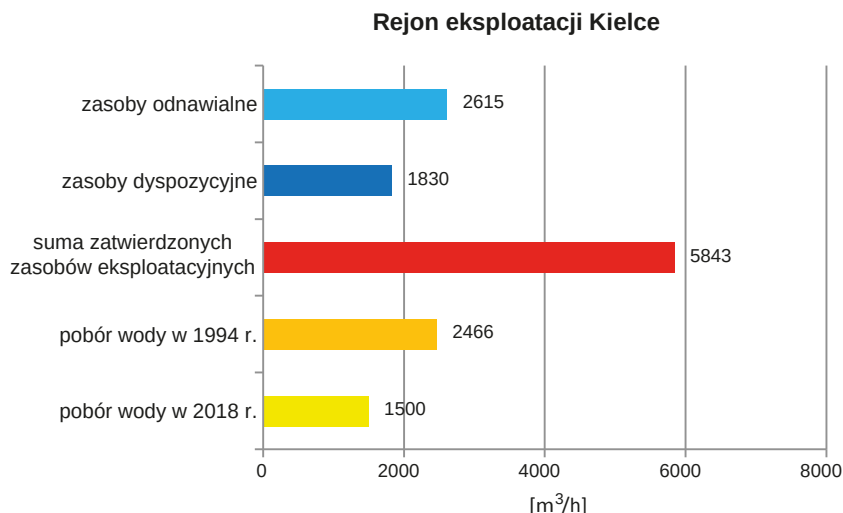
Zasoby eksploatacyjne wód podziemnych były niegdyś zatwierdzane w ilości wody uzyskanej podczas próbnego pompowania, a nie w ilości zbliżonej do zapotrzebowania danego użytkownika. W okresie PRL-u panowała zasada,

ze studnia np. dla szkoły powinna być tak zaprojektowana i wykonana, żeby w przyszłości mogła także zaopatrzyć w wodę planowany wodociąg gminny. W efekcie w opisanych powyżej rejonach eksploatacji Zagnańsk i Kielce suma zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych znacznie przekroczyła ustalone ich zasoby, zarówno odnawialne, jak i dyspozycyjne (ryc. 35). Potrzeba korekty zasobów eksploatacyjnych była tam zgłaszana w wielu opiniach i opracowaniach hydrogeologicznych (Pawuła, Górski, 1972; Żak 1980; Belcarz i in., 1983; Buczkowski, Prażak, 1985; Prażak i in., 1986; Prażak, 1994a). Po wielu latach doszło jedynie do skorygowania zasobów eksploatacyjnych dużych ujęć komunalnych w Zagnańsku i Białogonie (Knez i in., 2009; Prażak, 1994a). W przypadku pozostałych ujęć w rejonie Kielce to ich korektę zaproponowano i ustalono w „Dokumentacji hydrogeologicznej rejonu eksploatacji (RE) Kielce wraz z GZWP nr 417 Kielce” (Prażak, 1994a), lecz dotychczas nie znalazło to odzwierciedlenia w decyzjach zasobowych ze względu na brak odpowiednich uregulowań prawnych. Powyższa sytuacja ma charakter jedynie formalny, gdyż pozwolenia na pobór wody z ujęć są znaczne niższe, a ich suma nie przekracza zasobów dyspozycyjnych. Problem przeszacowania zasobów eksploatacyjnych jednak nadal istnieje. Zmniejszył się także pobór wody. O ile w 1994 r. wynosił 2466 m³/h, to w 2018 r. kształtował się już tylko na poziomie 1500 m³/h. Wynika to stąd, że wiele ujęć zakładów przemysłowych i niektóre komunalne wyłączono z eksploatacji w związku ze zmniejszeniem się zapotrzebowania na wodę.

ODWODNIENIA GÓRNICZE I ICH WPLYW NA ZASOBY EKSPLOATACYJNE UJĘĆ WÓD PODZIEMNYCH

W granicach zlewni Nidy znajduje się osiem kopalni eksploatujących wapień i dolomitu poniżej zwierciadła wód podziemnych (tab. 7). W rejonie eksploatacji Gałęzice–Bolechowice–Borków odwodnienie wyrobisk górniczych spowodowało powstanie rozległego rejonowego leja depresji, w którym znajdują się ujęcia wód podziemnych, a obniżenie zwierciadła wody w studniach głębinowych zmniejsza ich zdolności eksploatacyjne. W sytuacji, kiedy czas trwania odwodnienia wynosi ok. 30 lub więcej lat, to przed gospodarką wodną stoi zadanie wyprzedzającego wyrównania spodziewanych szkód górniczych poprzez odwiercenie nowych studni zdolnych pompować wodę z większych głębokości.

W latach ubiegłych, gdy jeszcze nie było wodociągów gminnych, a całe miejscowości zaopatrywały się w wodę ze studni kopanych, kopalnie zaopatrywały je w wodę w ramach szkód górniczych. Z reguły brak było wyprzedzających działań, a wodociąg budowała kopalnia dopiero po wystąpieniu szkody i kilku ekspertyzach, które musiały udowodnić „winę kopalni”. Zdarzały się także przypad-



Ryc. 35. Zawartość azotanów w wodzie ze studni ujęcia komunalnego w Zagnańsku w latach 1994–2018

ki nieuzasadnionych roszczeń. Obecnie niemal wszystkie miejscowości są zaopatrzone w wodę z wodociągów gminnych. Ewentualne szkody należy rozpatrywać głównie pod kątem wpływu odwodnienia wyrobisk na studnie samych ujęć i inne okoliczne studnie wiercone. Ta prosta pod względem prawnym relacja szkoda–działania naprawcze na koszt kopalni działa tylko w przypadku, gdy mamy do czynienia z jednoznacznym oddziaływaniem odwodnienia jednej kopalni. W przypadku wspólnego leja depresji kilku kopalń, tak jak ma to miejsce w omawianym rejonie, sprawa jest trudniejsza. Zachodzi bowiem pytanie jaki jest udział poszczególnych kopalń w powstałej szkodzie wyrażającej się zmniejszeniem zdolności eksploatacyjnych studni w rejonowym leju depresji. Dodatkową komplikację stwarzają:

- różny czas wykonania poszczególnych dokumentacji hydrogeologicznych kopalń,
- różne metody obliczeniowe zasięgu wpływu odwodnienia,
- zmieniające się prognozy eksploatacyjne kopalń, uzależnione w praktyce od popytu na wydobywaną kopalinę.

Przykładem wymienionych powyżej problemów jest komunalne ujęcie wody dla Kielc w Dyminach, które oprócz dostarczenia wody miejscowym użytkownikom, jest także podstawowym źródłem awaryjnego zaopatrzenia Kielc w wodę. Rozmowy Urzędu Miasta z okolicznymi kopalniami na temat wpływu odwodnień górniczych na zasoby eksploatacyjne ujęcia były „nerwowe” i nie skończyły się żadnymi uzgodnieniami. Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o. utworzyły w rejonie ujęcia własną sieć obserwacyjną i odwierciły trzy nowe studnie przystosowane do poboru wody w pogłębiającym się leju depresji. Wychodząc naprzeciw tym problemom Gmina Kielce zleciła w 2005 r. Państwowemu Instytutowi Geologicznemu wykonanie opracowania pt. „Wskazania możliwości pozyskania dla miasta Kielce wód kopalnianych z obszaru Gałęzice–Bolechowice–Borków wraz określeniem wpływu odwodnień górniczych na zasoby komunalnych ujęć wód podziemnych Kielc na podstawie badań modelowych” (Prażak i in., 2005). Wykonany w ramach tej pracy model matematyczny jest bezpłatnie

Tabela 7

Kopalnie eksploatujące wapienie i dolomity poniżej zwierciadła wód podziemnych

Nr	Nazwa kopalni	Właściciel	Odwadniany poziom eksploatacyjny [m n.p.m.]	Odwodnienie w 2018 r. [m³/h]
1	Józefka	Kopalnia Józefka Sp. z o.o.	+265	30
2	Laskowa	Świętokrzyskie Kopalnie Surowców Mineralnych	+220	219
3	Miedzianka	Nordkalk Sp. z o.o.	+150	1 468
4	Jaźwica	Świętokrzyskie Kopalnie Surowców Mineralnych	+190	102
5	Trzuskawica	Trzuskawica S.A.	wyrobisko Trzuskawica +195 wyrobisko Kowala +220	559
6	Kowala	Dyckerhoff Polska Sp. z o.o.	+200	69
7	Radkowice*	Lafarge Kruszywa i Beton Sp. z o.o.	+190	1 092
8	Morawica	Kopalnia Wapienia Morawica S.A.	+213	1 306
ŁĄCZNIE				4 845

* w 2019 r. zakończono odwodnienie wyrobiska i trwa jego zatapianie (rekultywacja wodna)

udostępniany kopalniom i innym podmiotom gospodarczym na potrzeby wykonywanych przez nie opracowań hydrogeologicznych. Został on wykorzystany między innymi do ustalenia obszarów ochronnych GZWP nr 418 Gałęzice–Bolechowice–Borków (Górka i in., 2011). Nieformalnie pełni on rolę modelu stacjonarnego rejonu eksploatacji, chociaż jeszcze nie wszystkie kopalnie wykonują na nim potrzebne im obliczenia. Wciąż brak jest też „opiekuna” gromadzącego na bieżąco wyniki wszystkich obserwacji hydrogeologicznych i czuwającego nad poprawnością wykonywanych na modelu obliczeń (Białecka, Prażak, 2018).

Od początku lat 80. XX w. rozważana jest możliwość ewentualnego wykorzystania dla celów komunalnych zrzu-

canych do rzek wód kopalnianych. Dla rejonu eksploatacji Gałęzice–Bolechowice–Borków rozpatrywano ją na modelach matematycznych, symulując odwodnienia kopalń barierami studni odwodnieniowych (Szczepański i in., 1984; Herman i in., 1991). Takim rozwiązaniem nie byli i dotychczas nie są zainteresowani potencjalni odbiorcy wody. Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o. i inni użytkownicy wolą mieć własne i zarządzane przez siebie ujęcia wody. Odwodnienia górnicze mają charakter czasowy i nie zubażają zasobów dyspozycyjnych rejonów wodnogospodarczych. Są one uwzględniane w planach wodnych dorzeczy, a odprowadzane do rzek wody kopalniane wzbogacają przepływy wód powierzchniowych.

PROBLEMY OCHRONY DOBREGO STANU CHEMICZNEGO WÓD PODZIEMNYCH

Ochrona wód podziemnych jest usankcjonowana prawnie. Potrzeba ich ochrony wyraźnie jest wyrażona już w pierwszych zdaniach Dyrektywy 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiającej ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej: *Woda nie jest produktem handlowym takim jak każdy inny, ale raczej dziedzicznym dobrem, które musi być chronione, bronić i traktowane jako takie.*

Potrzeba i wymogi ochrony wód podziemnych w polskim prawodawstwie są określone jednoznacznie, głównie w ustawach: Prawo ochrony środowiska, Prawo wodne oraz Prawo geologiczne i górnicze. Szczególne wymogi ochrony o charakterze prewencyjnym dotyczą obszarów ochronnych głównych zbiorników wód podziemnych i stref ochronnych ujęć wód podziemnych.

OBSZARY OCHRONNE GŁÓWNYCH ZBIORNIKÓW WÓD PODZIEMNYCH

Główne zbiorniki wód podziemnych (GZWP) są to struktury geologiczne lub ich fragmenty wykazujące w skali regionów hydrogeologicznych najwyższą wodoność i zasobność, stanowiące obecnie lub mogące stać się w przyszłości podstawowym źródłem zaopatrzenia w wodę mieszkańców. Według obowiązujących ustaleń muszą one spełniać następujące wymagania: wydajność potencjalnego otworu studziennego powyżej 70 m³/h, wydajność ujęcia powyżej 10 000 m³/d, wodoprzewodność powyżej 10 m²/h (240 m²/d), a woda nadaje się do zaopatrzenia ludności w stanie surowym lub po jej ewentualnym prostym uzdatnieniu za pomocą stosowanych obecnie i uzasadnionych ekonomicznie techno-

logii. Na obszarach deficytowych w wodę kryteria ilościowe mogą być znacznie niższe, lecz wyróżniające zbiorniki na tle ogólnie mniej korzystnych parametrów hydrogeologicznych (Herbich i in., 2009; Mikołajków, Sadurski, 2017). Ze względu na duże znaczenia dla zaopatrzenia ludności w wodę wymagają one szczególnej ochrony ich stanu chemicznego i ilościowego.

W zlewni Nidy znajduje się pięć GZWP, a ich łączna powierzchnia obejmuje ok. 65% powierzchni tej zlewni, z tego cztery występują w całości w jej granicach. Są one zróżnicowane stratygraficznie i litologicznie oraz mają różną powierzchnię i zasobność. W północnej części zlewni znajdują się górnokredowy GZWP nr 414 Zagnańsk, górnopaleozoiczny GZWP nr 416 Małogoszcz, oraz środkowo- i górnopaleozoiczny GZWP nr 417 Kielce i nr 418 Gałęzice–Bolechowice–Borków. Niemal cała południowa część zlewni należy natomiast do górnokredowego GZWP nr 409 Niecka Miechowska SE (ryc. 11).

Główne zbiorniki wód podziemnych nr 416, 417, 418 i 409 (tab. 8) mają dokumentację lub dodatki do dokumentacji hydrogeologicznych określającej warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem ich obszarów ochronnych, opracowane zgodnie z „Metodyką wyznaczania obszarów ochronnych głównych zbiorników wód podziemnych dla potrzeb planowania i gospodarowania wodami w obszarach dorzeczy” (Herbich i in., 2009):

- GZWP nr 409 – „Dokumentacja hydrogeologiczna Głównego Zbiornika Wód Podziemnych (GZWP) nr 409 Niecka Miechowska (część SE)” (Zieliński i in., 1998), „Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej określającej warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 409 – Niecka Miechowska (SE)” (Kaczorowski i in., 2015);
- GZWP nr 416 – „Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 416 Małogoszcz” (Gorczyca i in., 2011);
- GZWP nr 417 – „Dodatek do «Dokumentacji hydrogeologicznej rejonu eksploatacji (RE) Kielce w tym GZWP

417 Kielce» w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 417 Kielce” (Białecka, Kaczor-Kurzawa, 2015);

- GZWP nr 418 – „Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 418 – Gałęzice–Bolechowice–Borków” (Górka i in., 2011).

Aktualizacji wymaga jeszcze tylko opracowana w 2006 r. wg wcześniejszej metodyki Ulman-Bortnowskiej (1995) dokumentacja hydrogeologiczna GZWP nr 414 Zagnańsk (Górnik, Filar, 2006).

W opracowaniach wykonanych na podstawie nowej metodyki sporządzono mapy obszarów ochronnych GZWP w skali 1:50 000 wraz z ustaleniem wymogów ich ochrony. Obszary te znajdują się w granicach GZWP i na obszarach ich zasilania, ograniczonych 25-letnim czasem dopływu do GZWP infiltrujących wód opadowych. W niniejszej pracy nie pokazano ich szczegółowego zasięgu ze względu na zbyt małą skalę rycin.

Obszary ochronne GZWP zostały zatwierdzone pod względem merytorycznym przez ministra środowiska, lecz nie zostały dotychczas ustanowione pod względem prawnym odpowiednim zarządzeniem dyrektora właściwego Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej. Funkcjonują one jednak w świadomości społecznej oraz są coraz częściej cytowane i uwzględniane w studiach do planów i samych planach zagospodarowania przestrzennego.

STREFY OCHRONNE UJĘĆ WODY

Strefy ochronne bezpośrednia i pośrednia mają na celu ochronę jakości wody, a w wielu przypadkach także i ilości zasobów eksploatacyjnych ujęcia wody podziemnej. O ile strefa ochrony bezpośredniej jest wymagana dla wszystkich ujęć wody (np. ogrodzenie, zakaz wstępu osobom postronnym), to do 2018 r. strefa ochrony pośredniej, limitowana czasem 25-letniego dopływu wody do studni w warstwie wodonośnej, była nieobowiązkowa i ustanawiana przez właściwego dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej na wniosek właściciela ujęcia. W zlewni Nidy strefy

Tabela 8

Podstawowe parametry głównych zbiorników wód podziemnych w zlewni Nidy

Parametr	GZWP nr 409	GZWP nr 416	GZWP nr 417	GZWP nr 418
Powierzchnia [km ²]	1450,0	243,3	39,5	132,5
Typ zbiornika	szczelinowo-porowy	szczelinowy	szczelinowo-krasowy	szczelinowo-krasowy
Stratygrafia	kreda górna	jura górna	dewon środkowy i górny	dewon środkowy i górny
Moduł zasobów dyspozycyjnych [m ³ /d·km ²]	87,2	173,8	312,0	nie wyznaczano
Szacunkowe zasoby dyspozycyjne [m ³ /d]	126 440	42 300	12 336	nie szacowano
Podatność na antropopresję	podatny	bardzo podatny	bardzo podatny	bardzo podatny

ochrony pośredniej ustanowione były tylko dla większych ujęć komunalnych. Sytuacja uległa jednak zmianie po wejściu w życie ustawy Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 r., która zawiera nowe uregulowania w zakresie stref ochronnych ujęć wód podziemnych. Wprowadzony został bowiem między innymi obowiązek wykonania dla ujęcia wody podziemnej analizy ryzyka, z której będzie wynikała ewentualna potrzeba ustanowienia i wymogów ochronnych strefy ochrony pośredniej ujęcia. Analiza ta ma być dołączona do wniosku właściciela ujęcia o ustanowienie strefy ochronnej. Ma ona również stanowić podstawę do podjęcia ewentualnej decyzji o ustanowieniu strefy z urzędu przez wojewodę. Obowiązek opracowania analizy ryzyka do dnia 1 stycznia 2021 r. spoczywa obecnie na wszystkich właścicielach ujęć dostarczających więcej niż 10 m³ wody na dobę lub służących zaopatrzeniu w wodę więcej niż 50 osób oraz indywidualnych ujęć wody dostarczających do 10 m³ wody na dobę lub służących zaopatrzeniu w wodę do 50 osób, jeżeli woda jest dostarczana jako woda przeznaczona do spożycia przez ludzi, w ramach działalności handlowej, usługowej, przemysłowej albo do budynków użyteczności publicznej. Analiza ta ma być aktualizowana nie rzadziej niż co 10 lat, a dla ujęć dostarczających mniej niż 1000 m³ wody na rok nie rzadziej niż co 20 lat.

Z chwilą wprowadzania w życie zapisów nowej ustawy Prawa wodnego powstało wiele problemów. Najważniejszym jest brak poradnika metodycznego analizy ryzyka, niezbędnego dla ujednolicenia metodyki jej opracowania. Analiza powinna mieć charakter wielokryterialny, uwzględniający: podatność ujętych warstw wodonośnych na zanieczyszczenie, zagospodarowanie terenu, zagrożenia ze strony ognisk zanieczyszczeń oraz jakość wody i tendencje jej zmian. Problemy związane z wykonaniem analizy ryzyka i ustanowieniem stref ochronnych ujęć wód podziemnych są jeszcze dyskutowane i mają charakter wybitnie organizacyjny.

Sam fakt ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wody nie przesądza jeszcze o skutecznej jego ochronie. Dosyć drastycznym przykładem jest powstanie w 2018 r. składowiska substancji toksycznych w strefie ochrony pośredniej ujęcia

Kielce-Białogon. Składowisko powstało legalnie w wyniku „niedopatrzania” Urzędu Miasta i zgromadzono tam między innymi ciekące pojemniki z nieznanymi substancjami (fot. 11). Pozwolenie cofnięto, a likwidację składowiska musi się zająć na własny koszt Gmina Kielce (ok. 3 mln zł). Egzekwowanie kosztów oczyszczenia terenu od właściciela odpadów jest bowiem aktualnie niemożliwe, a trzeba to uczynić jak najszybciej.

SKAŻENIA WÓD PODZIEMNYCH, ICH SKUTKI I LIKWIDACJA

Skażeniem wód podziemnych wg słownika hydrogeologicznego (Dowgiałło i in., 2002) nazywamy *zanieczyszczenie wody substancjami nie występującymi w niej w stanie naturalnym, które powoduje gwałtowne obniżenie jej jakości*.

Autor niniejszej publikacji przedstawia w dalszej części tekstu opis dwóch dużych obiektów przemysłowych (magazyn paliw płynnych, zakład metalowy), na których nastąpiły groźne skażenia wód podziemnych. Pogorszyły stan jakości wód oraz spowodowały poważne i długoterminowe zagrożenie ujęć wody i problemy dla gospodarki wodnej. Opisuje jedynie charakter i rozmiar skażenia, bez konkretnego adresu obiektów, na terenie których miały one miejsca, nazywając je obiekt A i obiekt B.

Najczęściej i najliczniej występującymi skażeniami gruntu i wód podziemnych są produkty naftowe. Spotyka się je na terenie niemal każdego obiektu, na którym ma/miało miejsce magazynowanie i dystrybucja paliw płynnych. Wykazały to przeprowadzone w latach 1992–1995 szczegółowe badania sozologiczne wykonane przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach (Rybka, Kościelniak, 1992; Prażak i in., 1994; Giełżecka i in., 1995). Zanieczyszczenia te są na ogół niewielkie i mało mobilne, a ich składniki rozpuszczalne w wodzie (np. benzen) ulegają w procesie migracji rozcieńczeniu poniżej granic oznaczalności. W świetle wykonanych badań poważne skażenie produktami naftowymi stwierdzono na terenie jednego obiektu w Kielcach, nazywanego dalej obiektem A.

Obiekt A to duży magazyn paliw płynnych i innych produktów ropopochodnych, funkcjonujący od lat 70. XX w., zlokalizowany w odległości ok. 350 m od studni dużego ujęcia komunalnego. W podziemnych zbiornikach składowano tam duże ilości paliw płynnych. Zanieczyszczenie dostrzeżono podczas rutynowych badań stanu czystości gruntu i wód podziemnych na terenie obiektu w 1989 r. (Siejka, 1990). Już w pierwszych otworach hydrogeologiczno-badawczych stwierdzono pływający na powierzchni wody produkt ropopochodny o miąższości przekraczającej miejscami nawet 1 m. Późniejsze badania wykazały, że grunt i wody podziemne zostały skażone na powierzchni ok. 3,5 ha. Ze względu na bliskie położenie studni ujęcia komunal-



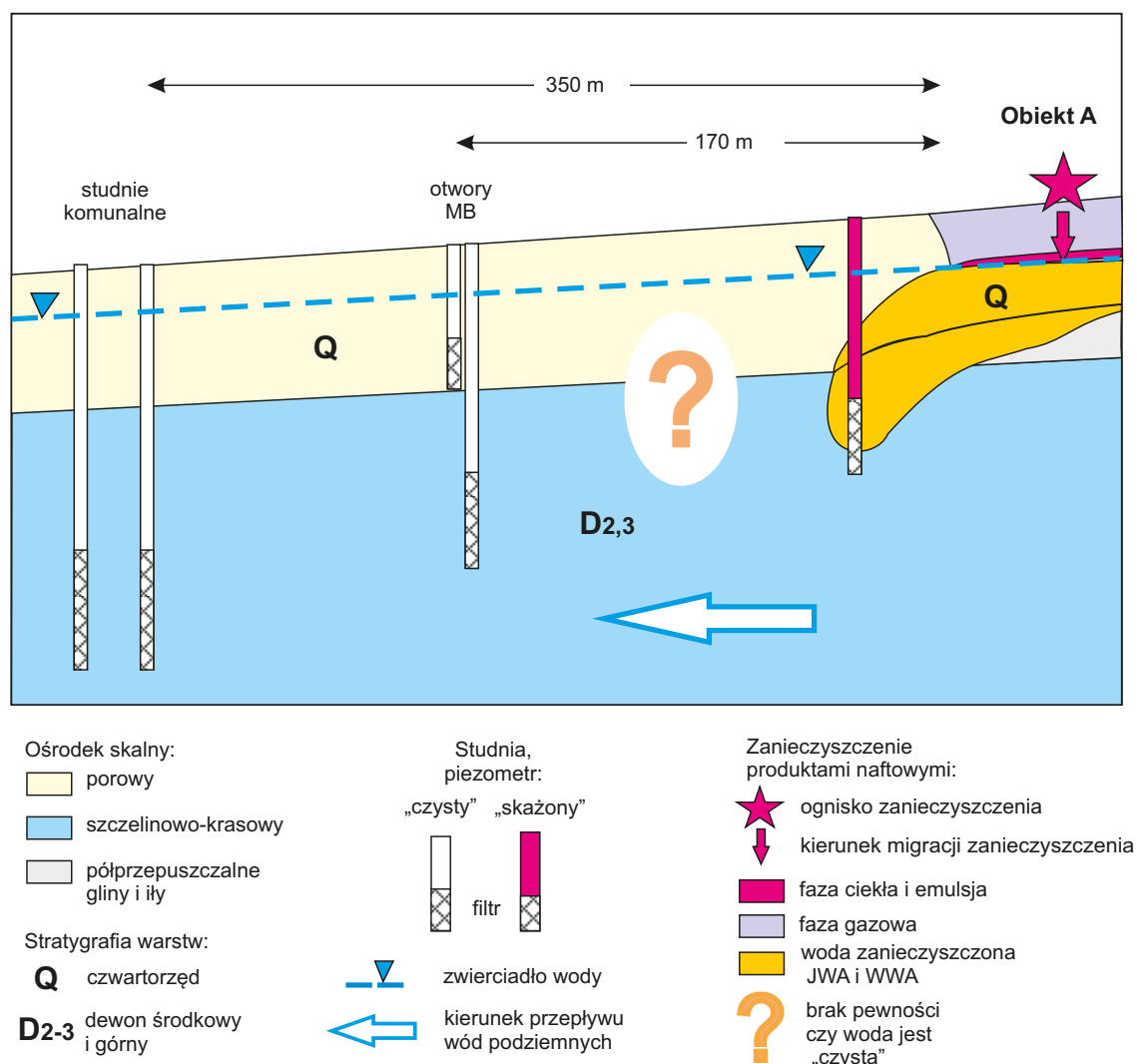
Fot. 11. Składowisko odpadów niebezpiecznych w strefie ochrony pośredniej ujęcia komunalnego Kielce-Białogon

nego i brak informacji o czasie wystąpienia wycieku paliwa niemal natychmiast przystąpiono do likwidacji samego ogniska zanieczyszczenia wraz z oczyszczaniem gruntu i wód podziemnych (Kościelniak, 1990). Magazyn zlikwidowano. Ze zbiorników wybrano paliwo i je wydolowano. Oczyszczanie gruntu i wód podziemnych prowadziła specjalistyczna firma (obecna nazwa HYDROGEOTECHNIKA Sp. z o.o.), proces ten trwał ok. 10 lat. Przerwano po zebraniu w otworach pływającego paliwa do poziomu „filmu”. Dalsze prace były już nieefektywne. Na terenie obiektu pozostał jeszcze zanieczyszczony grunt i woda podziemna w poziomie czwartorzędowym o miąższości ok. 20 m. W jednym z otworów istnieje także śladowe zanieczyszczenie wody benzenem w niżej leżących wapieniach dewonu środkowego, z których ujmują wodę studnie komunalne (ryc. 36).

Działania ochronne podjęto także na ujęciu komunalnym. Przede wszystkim powstrzymano planowany wówczas wzrost wydajności ujęcia (trwał rozruch nowej infrastruktury ujęcia), w efekcie którego mogło dojść do osuszenia poziomu czwartorzędowego na zanieczyszczonym terenie. Groziło to bowiem nagłym przedostaniem się już nie tylko zanieczyszczonej wody, lecz i samego paliwa do niżej

leżącego, szczelinowo-krasowego poziomu środkowo- i górnodewońskiego (wapienie) (Prażak, 1989, 1994). Już od samego początku likwidacji zanieczyszczenia zwracano uwagę na konieczność wykonania otworów obserwacyjnych pomiędzy omawianym ogniskiem zanieczyszczenia a studniami komunalnymi, w celu obserwacji jego ewentualnego przemieszczania się w kierunku studni komunalnych. Sama ocena procesu migracji węglowodorów aromatycznych na podstawie badań modelowych była bowiem niewystarczająca (Knez, Woźniak, 2004). Właściciel obiektu nie chciał się jednak zgodzić na finansowanie prac geologicznych i hydrogeologicznych poza granicami własnej działki. Podobnie nie chciały ich sfinansować Wodociągi Kieleckie Sp. z o.o., gdyż nie były sprawcą zanieczyszczenia. Od 2017 r. rolę tę pełnią dwa otwory hydrogeologiczno-badawcze (czwartorzędowy i dewoński) monitoringu badawczego Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB. Wykonane badania nie wykazały zanieczyszczenia w nich wody produktami naftowymi.

W sytuacji zaprzestania prac oczyszczających zdecydowano się na samooczyszczanie gruntu i wód podziemnych, które na tym obiekcie może trwać nawet ponad 100 lat. Prowadzony jest tylko monitoring lokalny (dwa badania



Ryc. 36. Schemat zanieczyszczenia gruntów i wody podziemnej na terenie obiektu A

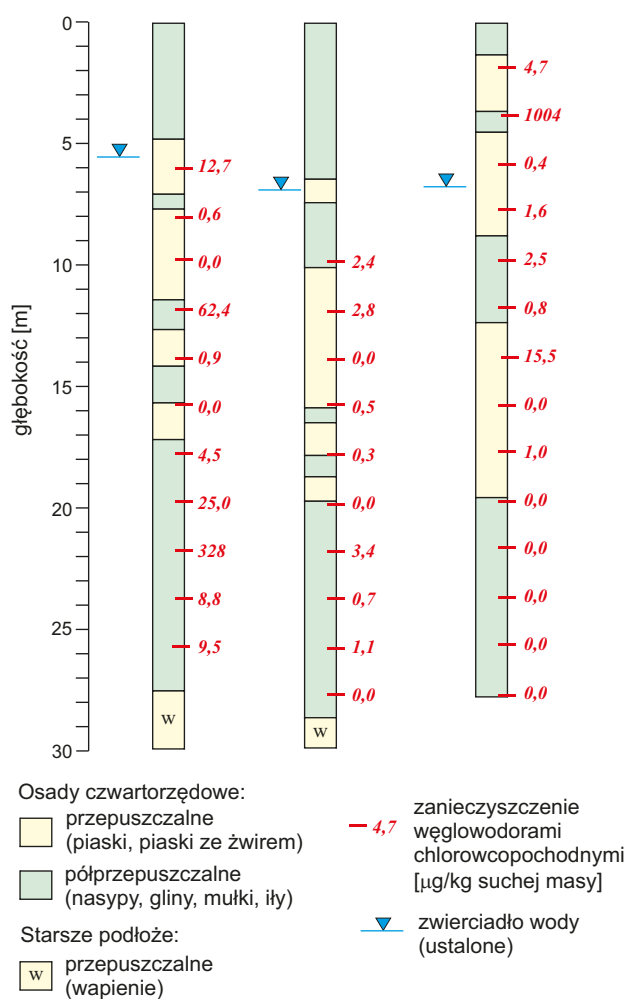
w roku). Teren jest niezagospodarowany i właścicielowi niepotrzebny. Nie da się go jednak sprzedać ze względu na brak chętnych i pomysłu na jego urządzenie.

Obiekt B to duży zakład metalowy w Kielcach. W trakcie badań stanu czystości gruntu i wód podziemnych w 1994 r. stwierdzono na jego terenie zanieczyszczenie gruntu i wód poziomu czwartorzędowego olejami i węglowodorami chlorowcopochodnymi. Skład chemiczny wody ze studni zakładowej ujmującej wodę z niżej leżących wapieni środkowo- i górnodewońskich zbadano dopiero kilka lat później w 1998 r. Okazało się, że woda w niej jest także zanieczyszczona węglowodorami chlorowcopochodnymi. Przykładowo stężenia trichloroetyleny (TRI) dochodziły do 220 µg/l. Obowiązujące wówczas przepisy określały dopuszczalne jego stężenie dla wody do picia w ilości 30 µg/l (obecne wynoszą 10 µg/l). Brak było informacji jak i kiedy doszło do zanieczyszczenia. W trybie pilnym opracowano ekspertyzę hydrogeologiczną określając warunki eksploatacji ujęcia zakładowego wraz z projektem lokalnego monitoringu stanu hydrodynamicznego i jakości wód podziemnych poziomów czwartorzędowego oraz środkowo- i górnodewońskiego w rejonie zakładu i komunalnego ujęcia wody. Zakład przestał korzystać z wody, a później zaczął ją uzdatniać na własne potrzeby. Studnię pompowano nadal, a zanieczyszczoną wodę odprowadzano kanałem burzowym do pobliskiej rzeki Silnicy. Na wylocie z kanału woda była już czysta lub zawierała jedynie śladowe ilości węglowodorów chlorowcopochodnych (nie pogarszała stanu chemicznego wód rzecznych). Dalsze, ciągłe pompowanie studni zakładowej było niezbędne dla drenażu zanieczyszczenia na terenie zakładu. Natychmiast podjęto także badania wody ze znajdujących się w odległości ok. 1,5 km otworach obserwacyjnych, ujmujących wodę, podobnie jak studnia zakładowa, z wapieni środkowo- i górnodewońskich. Okazało się, że i tam dotarło zanieczyszczenie. Do nadzoru rozpoznania zanieczyszczenia, prac oczyszczających i monitoringu wód podziemnych ówczesny Wojewoda Kielecki powołał specjalny, funkcjonujący do dzisiaj Zespół Ekologiczny, składający się z przedstawicieli: Urzędu Wojewódzkiego w Kielcach, Urzędu Miasta Kielce, Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej, Państwowego Instytutu Geologicznego Oddziału Świętokrzyskiego w Kielcach i zakładu na terenie którego nastąpiło zanieczyszczenie. Właściciel zakładu natychmiast przystąpił do prac modernizacyjnych mających zapewnić szczelność instalacji do magazynowania, przesyłania i wykorzystywania w produkcji produktów naftowych i węglowodorów chlorowcopochodnych.

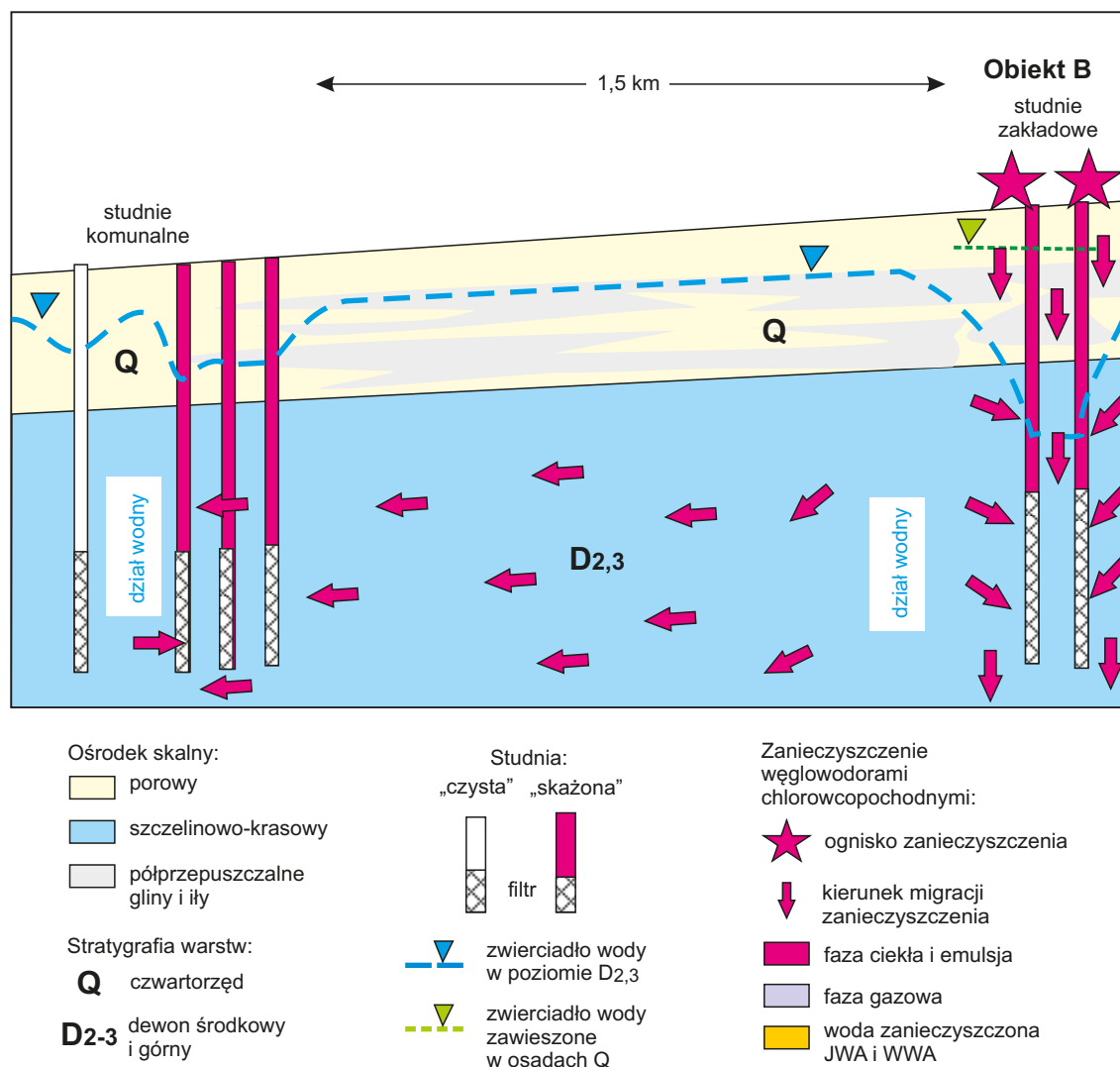
W celu rozpoznania zasięgu zanieczyszczenia wykonano na terenie zakładu badania atmogeochemiczne i ponad 100 otworów obserwacyjnych (piezometrów) ujmujących poziom czwartorzędowy wykształcony w postaci nasypów i piasków przewarstwionych glinami, mułkami i iltami o miąższości do 30 m. Rozpoczęto trwające do dzisiaj intensywne oczyszczanie stropowej partii osadów czwartorzędowych do głębokości 10 m przez odsysanie zanieczyszczonego węglowodorami chlorowcopochodnymi powietrza i wody w kilku blokach remediacyjnych oraz wybieranie za-

nieczyszczonej wody i oleju z piezometrów. Rozpoznane zanieczyszczenie gruntu w profilu osadów czwartorzędowych sięgało miejscami do ich spągu i wynosiło na ogół od poniżej 1 do 10 mg/kg suchej masy, z tym że w pojedynczych próbkach dochodziło do kilkuset, a w jednej próbce (iły) nawet do 1000 µg/kg suchej masy (ryc. 37). Zanieczyszczenie wody w stropowej partii osadów czwartorzędowych wynosiło miejscami nawet ponad 1 mg/l, lecz poniżej w ich dolnej części nie przekraczało 12 µg/l.

W celu powstrzymania przemieszczania się węglowodorów chlorowcopochodnych poza teren zakładu w kierunku innych studni nadal pompowano na wolny wypływ do rzeki wodę ze studni zakładowej. Dodatkowo wykonano jeszcze jeden otwór technologiczny, ujmujący również wodę z wapieni dewońskich, z którego woda jest także odprowadzana do rzeki Silnicy. Podstawowym zadaniem pompowania wody ze studni zakładowej i otworu technologicznego łączną wydajnością ok. 110 m³/h jest wytworzenie leja depresji obejmującego cały teren zakładu i zdrenowanie zanieczyszczenia przenikającego z zawieszonego poziomu czwartorzędowego (ryc. 38). Oczywiście należy mieć przy tym na uwadze fakt, że krążenie wód podziemnych w ośrodku szczelinowo-krasowym jest bardzo skomplikowane i nigdy



Ryc. 37. Profil skażenia osadów czwartorzędowych węglowodorami chlorowcopochodnymi na terenie obiektu B



Ryc. 38. Schemat migracji węglowodorów chlorowcopochodnych z ogniska zanieczyszczenia na terenie obiektu B

nie możemy mieć do końca pewności co do pełnej skuteczności takiego rozwiązania.

Monitoring wód podziemnych na zawartość węglowodorów chlorowcopochodnych rozpoczęto niemal natychmiast po wykryciu zanieczyszczenia w 1998 r. Objęto nim wody poziomu czwartorzędowego na terenie zakładu oraz poziomu środkowo- i górnodewońskiego w całym rejonie zanieczyszczenia.

W poziomie czwartorzędowym monitorowana jest jakość i stan hydrodynamiczny wód podziemnych. Badania i pomiary są prowadzone w ok. 50 otworach (piezometrach), z tym że niemal wszystkie ujmują tylko stropowe partie poziomu do głębokości ok. 10 m. Dolne partie poziomu są obserwowane jedynie w kilku pojedynczych otworach. Monitorowana jest także efektywność bloków remediacyjnych w odsysania zanieczyszczonego węglowodorami chlorowcopochodnymi powietrza gruntowego.

Monitoringiem wód poziomu środkowo- i górnodewońskiego zostały objęte studnie zakładowa i otwór technologiczny oraz dziewięć innych otworów obserwacyjnych na kierunku migracji zanieczyszczenia w kierunku studni ujęcia (ryc. 38). Do chwili obecnej analizy chemiczne wody są

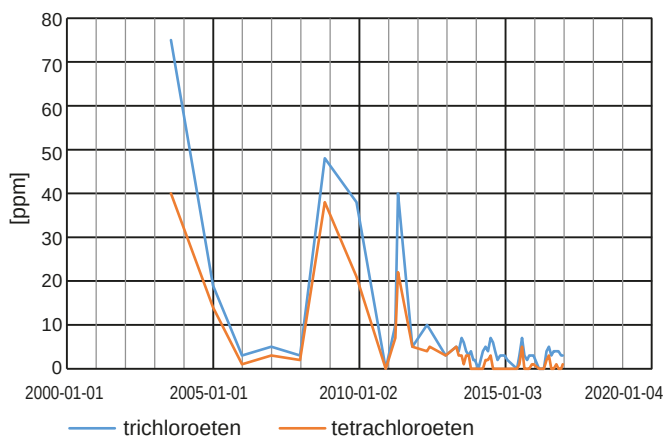
wykonywane przez dwa laboratoria. Jeden raz w miesiącu przez laboratorium WSSE w Kielcach (trichloroeten, tetrachloroeten), a co kwartał przez Centralne Laboratorium Chemiczne PIG-PIB (tetrachlorometan, 1,1,1-trichloroeten, 1,1-dichloroeten, dichlorometan, trichloroeten, cis-1,22-dichloroeten, tetrachloroeten, trichlorometan). Prowadzony przez 21 lat monitoring stanu zanieczyszczenia gruntu i wody dostarczył wiele informacji na temat sposobu rozprzestrzeniania się zanieczyszczenia i skuteczności działań zmierzających do jego likwidacji.

Oczyszczanie gruntu i wody na terenie obiektu trwa nieprzerwanie od 1998 r. W przypadku stropowej partii poziomu czwartorzędowego stwierdzono wyraźną efektywność oczyszczania gruntu z zanieczyszczonego węglowodorami chlorowcopochodnymi powietrza w blokach remediacyjnych. Poziom zanieczyszczenia uległ w nich wyraźnemu zmniejszeniu (ryc. 39). Pompowanie zanieczyszczonej wody lub zbieranie z jej powierzchni oleju nie przyniosło efektu pozwalającego stwierdzić, że dany obszar został już jednoznacznie oczyszczony. Stan zanieczyszczenia wody ma dotychczas charakter mozaikowy i jest zmienny w czasie.

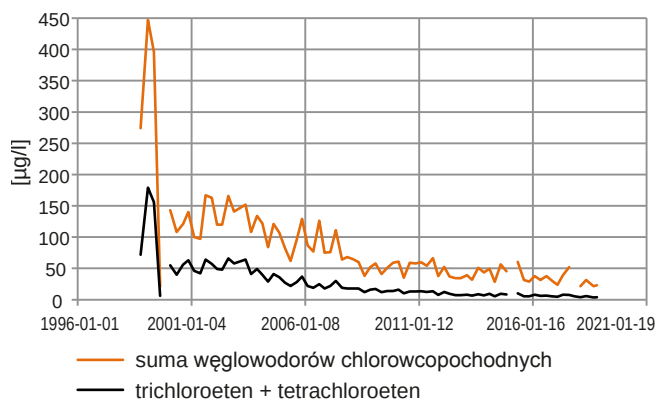
Dolna partia poziomu w przedziale od ok. 10 do ok. 30 m nie jest dotychczas oczyszczana. Do jej szczegółowego rozpoznania i podjęcia działań oczyszczających zamierza się przystąpić dopiero po oczyszczeniu górnej partii.

Oczyszczanie wód podziemnych poziomu środkowo- i górnodońskiego z węglowodorów chlorowcopochodnych na terenie zakładu odbywa się przez pompowanie na wolny wypływ do rzeki Silnicy wody ze studni zakładowej i wspomnianego wyżej otworu technologicznego. Pompowanie z nich zanieczyszczonej wody łączną wydajnością 110 m³/h spowodowało, że zanieczyszczenie uległo znacznemu zmniejszeniu, a woda ze studni zakładowej spełnia już wymogi dla wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (<10 µg/l) (ryc. 40, 41). Stały spadek zanieczyszczenia świadczy o tym, że wybiera się go z wodą ze studni i otworu technologicznego więcej aniżeli dopływa z nadległego poziomu czwartorzędowego.

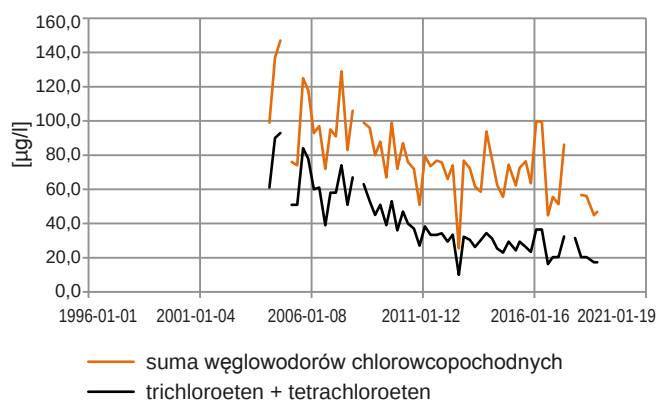
O skuteczności oczyszczania poziomu środkowo- dońskiego świadczy także zmniejszenie się stężenia sumy trichloroetenu i tetrachloroetenu (głównie te migrują poza teren zakładu) w odległych o ok. 2 km otworach obserwacyjnych. Dopuszczalna dla wody do picia suma tych substancji (10 µg/l) jest jednak jeszcze stale przekraczana w trzech otworach i okresowo w jednym. W niektórych z nich można zaobserwować zmienność w poziomie zanieczyszczenia wody niemal od czasu jego „dotarcia” do studni, przez wzrost, a następnie jego powolny spadek (ryc. 42). Powyższe przykłady świadczą, że działania podjęte na rzecz likwidacji zanieczyszczenia są skuteczne lecz długotrwałe i trudno określić czas ich zakończenia. Najprawdopodobniej będą one wymagały jeszcze co najmniej kilkudziesięciu lat. Opisane przykłady wskazują na złożoność i długotrwałość, a tym samym na wysokie koszty przeprowadzonych prac remediacyjnych. W tym świetle konieczne jest dopilnowanie, żeby opracowywane oceny oddziaływania na środowisko obiektów zagrażających środowisku gruntowo-wodnemu były poddane bardzo wnikliwej analizie merytorycznej przez uprawnionych hydrogeologów.



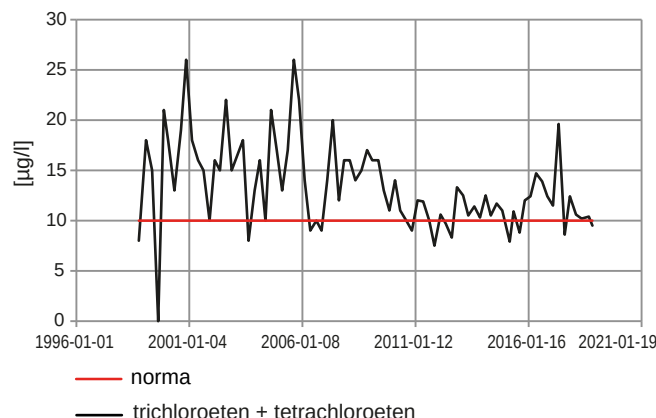
Ryc. 39. Zanieczyszczenie powietrza gruntowego węglowodorami chlorowcopochodnymi w bloku remediacyjnym w procesie wieloletniego oczyszczania gruntu i wody poziomu czwartorzędowego



Ryc. 40. Zanieczyszczenie wody ze studni zakładowej węglowodorami chlorowcopochodnymi w procesie wieloletniego oczyszczania wód podziemnych



Ryc. 41. Zanieczyszczenie wody z otworu technologicznego w procesie wieloletniego oczyszczania wód podziemnych



Ryc. 42. Zanieczyszczenie wody w otworze obserwacyjnym trichloroetenem i tetrachloroetenem (łącznie) w procesie wieloletniego oczyszczania wód podziemnych

PODSUMOWANIE

Zlewnia Nidy na Wyżynie Małopolskiej o powierzchni 3865,4 km² jest przykładem zlewni wyżynnej, w której dominują odkryte poziomy wodonośne starszego podłoża. Naturalne warunki hydrogeologiczne są tam zbliżone do innych zlewni w pasie wyżyn. Zasilanie zbiorników wodonośnych, ich zasobność i możliwości ujęcia wody są bardzo zróżnicowane przestrzennie. W wielu miejscach są one już znacznie zmienione przez skupioną eksploatację wód podziemnych i odwodnienia górnicze. Ochrona stanu chemicznego i zasobów wód podziemnych w zlewni ma charakter zarówno czynny, jak i prewencyjny.

Charakter czynny ochrony stanu chemicznego wód podziemnych wyraża się likwidacją stwierdzonych skażeń gruntu i wód podziemnych. Skażenia małe i wyraźnie ograniczone przestrzennie zlikwidowano tylko na nielicznych obiektach. Na pozostałych trwa proces tzw. samooczyszczania. Są one monitorowane, a ich wpływ na chemizm i jakość wód podziemnych jest tylko lokalny. Likwidacja dużych skażeń zagrażających bezpośrednio ujęciom wód podziemnych jest natomiast procesem wieloletnim i skomplikowanym. Praktyka wskazuje, że oczyszczanie wód podziemnych jest długotrwałe i kosztowne.

Charakter prewencyjny ma natomiast prawną ochrona wszystkich wód przed zanieczyszczeniem, w szczególności w granicach stref ochronnych ujęć wody i obszarów ochronnych pięciu głównych zbiorników wód podziemnych w opisanym zlewni.

Ochrona ilości zasobów wód podziemnych jest realizowana przez zachowanie w systemie wodonośnym odpowied-



Fot. 12. Zatapiane wyrobisko kopalni Radkowice po zakończeniu eksploatacji złoża

niej ilości wody dla funkcjonowania ekosystemów zależnych od wód podziemnych, w tym zachowania przepływów nienaruszalnych rzek. Wśród wydzielonych w zlewni trzech rejonów intensywnej eksploatacji wód podziemnych wymóg ten jest zagrożony jedynie w rejonie Gałęzice–Bolechowice–Borków ze względu na głębokie odwodnienia znajdujących się tam wyrobisk górniczych kopalń wapieni i dolomitów. Odwodnienia mają charakter czasowy, a po zakończeniu eksploatacji wyrobiska będą zalane wodą. W chwili obecnej trwa już napełnianie wodą wyrobiska po wyeksploatowanym złożu Radkowice (fot. 12).

LITERATURA

- ATLAS Rzeczypospolitej Polskiej, 1997. PAN Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Warszawa.
- BELCARZ L., BUCZKOWSKI T., PRAŻAK J., 1983 – Program prac i badań dla udokumentowania zasobów wód podziemnych dla potrzeb aglomeracji Kielc. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach [oprac. arch.].
- BELCARZ-ROLEWSKA L., 1981 – Dokumentacja hydrogeologiczna dla stacji I-go rzędu obserwacji wód podziemnych z utworów czwartorzędowych, kredowych i jurajskich w rejonie niecki nidziańskiej z lokalizacją w Białowieży, woj. kieleckie, gm. Sędziszów. Kombinat Geologiczny „Południe” Zakład Projektów i Dokumentacji Geologicznych Oddział w Kielcach [oprac. arch.].
- BIAŁECKA K., KACZOR-KURZAWA D., 2015 – Dodatek do „Dokumentacji hydrogeologicznej rejonu eksploatacji (RE) Kielce w tym GZWP 417 Kielce” w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 417 Kielce. Państw. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski w Kielcach. Narod. Arch. Geol. PIB-PIB, Warszawa [oprac. arch.].
- BIAŁECKA K., PRAŻAK J., 2018 – Stacjonarny model matematyczny struktury hydrogeologicznej podstawowym narzędziem dla gospodarki wodami podziemnymi w rejonach skupionego górnictwa odkrywkowego w Górach Świętokrzyskich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **471**: 7–14.
- BŁACH B., 1968 – Dokumentacja hydrogeologiczna w kat. B ujęcia wód podziemnych z utworów środkowego dewonu w rejonie Doliny Białogońskiej w Kielcach. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach-Białogonie [oprac. arch.].
- BŁACH B., 1971 – Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej w kat. B ujęcia wód podziemnych z utworów środkowego dewonu w rejonie Doliny Białogońskiej w Kielcach. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach-Białogonie [oprac. arch.].
- BUCZKOWSKI T., 1983 – Aneks nr 2 do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych z utworów dewonu, permu i triasu w kategorii „B” w rejonie Zagnańska. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach [oprac. arch.].
- BUCZKOWSKI T., BUCZKOWSKA D., 1984 – Dokumentacja hydrogeologiczna w kategorii „B” z utworów dewonu–triasu w rejonie Zagnańska. Sprawozdanie z prac wykonanych na otworze dodatkowym nr 10. Aneks. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach [oprac. arch.].
- BUCZKOWSKI T., PRAŻAK J., 1985 – Projekt badań hydrogeologicznych dla ustalenia zasobów wody w kategorii „C” obszarów perspektywicznych do budowy dużych ujęć w rejonie Ćmińsk-Zagnańsk-Szałas i weryfikacji zasobów w kategorii „B” w rejonie Zagnańska [oprac. arch.].
- BURCHARD J., 1978 – Obieg wody w dorzeczu Bobrzy. *Geographica Lodziensia*, **40**.

- CHMIELEWSKA T., 1981 – Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Mielec. Wydaw. Geol., Warszawa.
- CHMIELEWSKA T., 1984 – Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:200 000, ark. Mielec. Wydaw. Geol., Warszawa.
- CORINE Land Cover, 2006 – Baza danych (<http://clc.gios.gov.pl/index.php/clc-2006/metadane>). Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa.
- DĄBROWSKI S., PRZYBYŁEK J. (red.), 2012 – Ocena prognoz zasobów eksploatacyjnych poprzez porównanie szacunków zasobowych z wynikami długotrwałej eksploatacji ujęć wód podziemnych (studium metodyczne). Bogucki Wydaw. Nauk., Poznań.
- DENDYS M., 2018 – Hydrodynamiczne uwarunkowania krążenia wód termalnych i leczniczych w utworach cenomanu Niecki Miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpackiego. *Studia, Rozprawy, Monografie*, **208**.
- DOWGIAŁŁO J., KLECZKOWSKI A.S., MACIOSZCZYK T., RÓŻKOWSKI A. (red.), 2002 – Słownik hydrogeologiczny. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GAIK C., 1968 – Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów dewonu, permu i triasu w kategorii „B” w rejonie Zagnańska. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Łodzi [oprac. arch.].
- GIELŻECKA D., KOWALIK J., NICPOŃ W., WITCZAK S., 1995 – Kompleksowa analiza ognisk i rodzajów zanieczyszczeń gruntu i wód powierzchniowych i podziemnych w zlewni Nidy. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach [oprac. arch.].
- GINALSKA-PROKOP W., 1990 – Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych województwa kieleckiego. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach [oprac. arch.].
- GINALSKA-PROKOP W., 2017 – Warunki hydrogeologiczne i krótka charakterystyka chemiczna słodkich wód podziemnych w województwie świętokrzyskim. *Prz. Geol.*, **65**, 5: 292–299.
- GORCZYCA G., GOGULSKI T., FISZER J., 2011 – Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 416 Małogoszcz. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. w Krakowie [oprac. arch.].
- GÓRKA J., BIEDROŃSKI G., KAŁUS D., SZKLARCZYK T., 2011 – Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 418 – Gałęzice-Bolechowice-Borków. Krakowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne „ProGeo” Sp. z o.o. [oprac. arch.].
- GÓRNIK M., FILAR S., 2006 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych rejonu eksploatacji Zagnańsk w tym GZWP nr 414 Zagnańsk. Katowickie Przedsiębiorstwo Geologiczne Sp. z o.o. [oprac. arch.].
- GÓRSKI J., 1985 – Problemy dokumentowania zasobów wód szczelinowych na przykładzie ujęć rejonu Gór Świętokrzyskich. W: Współczesne problemy hydrogeologii, t. 3: 85–92.
- GYNOWSKA I., MACIEJEWSKI M. (red.), 1991 – Dorzecze górnej Wisły, cz. I i II. PWN, Warszawa–Kraków.
- GZYL G., ŁUSZCZ M., RZONCA B., 2001a – Charakter wypełnień form krasowych w kamieniołomach Trzuskawica i Kadzielnia w rejonie Kielc. W: Współczesne problemy hydrogeologii, **10**, 2: 487–492. Wrocław.
- GZYL G., ŁUSZCZ M., RZONCA B., 2001b – Wpływ wypełnionych form krasowych na parametry filtracyjne dewońskich skał węglanowych w rejonie Kielc (Góry Świętokrzyskie) – wyniki wstępne. W: Współczesne problemy hydrogeologii, **10**, 1: 487–492, Wrocław.
- HERBICH P. i in., 2003 – Ustalenie zasobów perspektywicznych wód podziemnych w obszarach działalności RZGW – Raport, PIG i Hydroconsult, Warszawa [oprac. arch.].
- HERBICH P. i in., 2007 – Wydzielenie rejonów wodnogospodarczych dla potrzeb zintegrowanego zarządzania zasobami wód podziemnych i powierzchniowych kraju. Państw. Inst. Geol., Warszawa [oprac. arch.].
- HERBICH P. i in., 2008 – Opracowanie metodyki bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi. Państw. Inst. Geol., Warszawa [oprac. arch.].
- HERBICH P., KAPUŚCIŃSKI J., NOWICKI K., PRAŻAK J., SKRZYPCZYK L., 2009 – Metodyka wyznaczania obszarów ochronnych głównych zbiorników wód podziemnych dla potrzeb planowania i gospodarowania wodami w obszarach dorzeczy. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- HERBICH P., KAPUŚCIŃSKI J., NOWICKI K., RODZICH A., 2013 – Metodyka określania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w obszarach bilansowych z uwzględnieniem potrzeb jednolitych bilansów wodnogospodarczych (poradnik metodyczny). Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- HERMAN G., GAŁOŁ J., 2000 – Wody mineralne w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju. *Prz. Geol.*, **48**, 7: 616–618.
- HERMAN G., KACZOROWSKI Z., MALICKI W., PRAŻAK J., SZCZEPAŃSKI A., 1991 – Modelowa analiza wpływu odwodnień złóż surowców skalnych w Białym Zagłębiu na stosunki wodne. W: V Ogólnopolskie Sympozjum „Współczesne problemy hydrogeologii”. Warszawa-Jachranka: 122–126. Wydaw. SGGW.
- IMiGW, 1987 – Atlas hydrologiczny Polski (pr. zbiorowa). Wydaw. Geol., Warszawa.
- IMiGW, 1988 – Bilans wodny górnej Nidy po wodowskaz Brzegi (pr. zbiorowa). IMiGW Oddział w Krakowie [oprac. arch.].
- IMiGW, 2005 – Atlas podziału hydrograficznego Polski 1:200 000. Warszawa.
- JÓŹWIAK A., KOWALCZEWSKA A., 1981 – Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Kraków. Wydaw. Geol., Warszawa.
- JÓŹWIAK A., KOWALCZEWSKA G., 1986 – Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:200 000, ark. Kraków. Wydaw. Geol., Warszawa.
- JÓŹWIAK K., RÓŻKOWSKI J., 2015 – Charakterystyka występowania mikroskładników w lokalnych systemach przepływu wód podziemnych w środowisku skał węglanowych i siarczanowych Niecki Nidziańskiej. *Prz. Geol.*, **63**, 10/1: 796–800.
- JÓŹWIAK K., ANDREJCZUK V., RÓŻKOWSKI J., 2008 – Uwarunkowania geologiczne rozpuszczania skał gipsowych w zlewni Potoku Skorocickiego (Niecka Nidy) w świetle modelowania hydrochemicznego. W: Materiały 42 Sympozjum Speleologicznego. Tarnowskie Góry, 24–27.10.2008: 67–68.
- KACZOROWSKI Z., WAGNER J., CUDAK J., RAZOWSKA-JAWOREK L., STACHURA A., 2015 – Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej określającej warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 409 – Niecka Miechowska (SE). Państw. Inst. Geol. Oddział Górnośląski [oprac. arch.].
- KLECZKOWSKI A.S. (red), 1990a – Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000. IHiGI AGH, Kraków.
- KLECZKOWSKI A.S., 1990b – Objasnienia do Mapy obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000. IHiGI 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. IHiGI AGH, Kraków [oprac. arch.].
- KLECZKOWSKI A.S., SZCZEPAŃSKA J., SZCZEPAŃSKI A., WITCZAK S., RÓŻKOWSKI A., 1993 – Zagadnienia metodyczne regionalnego monitoringu jakości zwykłych wód podziemnych. W: *Geochemiczne, hydrochemiczne i biochemiczne zmiany środowiska przyrodniczego na obszarach objętych antropopresją* (red. Z. Kłapyta).
- KLECZKOWSKI A.S., SZCZEPAŃSKA J., SZCZEPAŃSKI A., WITCZAK S., RÓŻKOWSKI A., WITKOWSKI A., 1995 – Regionalny monitoring jakości zwykłych wód podziemnych (RMWP) w zlewni górnej Wisły – zagadnienia metodyczne. W: *Współczesne problemy hydrogeologii* (red. J. Szczepańska i in.): 203–218. AGH, Kraków.
- KNEZ J., 2007 – Ocena migracji benzenu w wodach podziemnych na podstawie badań modelowych na wybranym obszarze zbiornika GZWP 417 Kielce [niepubl. pr. doktor.]. Biblioteka Główna AGH, Kraków.
- KNEZ J., WOŹNIAK R., 2004 – Problemy związane z modelowaniem migracji zanieczyszczeń węglowodorami aromatycznymi w szczelinowo-krasowym zbiorniku wód podziemnych GZWP nr 417 Kielce. W: *Modelowanie przepływu wód podziemnych*: 479–482. Wydaw. UWrocław, Wrocław.
- KNEZ J., CICHECKA K., MRÓZ Ł., 2009 – Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych dla zaopatrzenia komunalnego – rejon Zagnańsk. HYDROPOL Ochrona Środowiska Wodnego, Kielce [oprac. arch.].
- KOLAGO C., 1970 – Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:1 000 000. Wydaw. Geol., Warszawa.
- KOMOROWSKI W., 1999 – Stacja hydrogeologiczna Państwowego Instytutu Geologicznego w Białowieży. W: *Współczesne problemy hydrogeologii*, 9: 449–452.
- KONDRACKI J., 2001 – *Geografia regionalna Polski*. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- KONON A., 2006 – Młodopaleozoiczna rewolucja strukturalna Gór Świętokrzyskich. W: *Procesy i zdarzenia w historii Gór Świętokrzyskich* (red. S. Skompski, A. Żylińska). 77 Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Geologicznego: 82–104. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KOŚCIELNIAK S., 1990 – Projekt likwidacji skażeń naftowych w rejonie CPN Kielce-Białogon. Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu [oprac. arch.].
- KOŚLACZ R. i in., 2009 – Analiza stanu zasobów wodnych w zlewni Nidy na potrzeby programu pn. „Zrównoważony rozwój gospodarczy zlewni rzeki Nidy w związku z obszarami Natura 2000”. Konsorcjum firm: Integrated Management Services Sp. z o.o. Wrocław i Hydroconsult Sp. z o.o. Poznań [oprac. arch.].
- KOWALCZEWSKA G., 1981 – Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Tarnów. Wydaw. Geol., Warszawa.
- KOWALCZEWSKA G., 1984 – Objąsnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:200 000, ark. Tarnów. Wydaw. Geol., Warszawa.
- KOWALSKI B.J., 2000 – Morfogenez i warunki rozwoju rzeźby paleozoicznego trzonu Gór Świętokrzyskich w neogenie. W: *Geomorfologia gór i wyżyn w Polsce – kontrowersje i nowe spojrzenia*. Wydaw. Inst. Geograf. 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*: 154–158. Przewodnik sesji terenowej Kielce–Wólka Milanowska.
- 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. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa [oprac. arch.].
- LISIK R. (red.), 2010 – *Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju*. Hydrogeotechnika Sp. z o.o., Kielce.
- LISIK R., SZCZEPAŃSKI A., 2014 – Siarczkowe wody lecznicze w części zapadliska przedkarpackiego. Hydrogeotechnika Sp. z o.o., Kielce.
- LISIK R., SZCZEPAŃSKI A., 2018 – Siarczkowe wody lecznicze w części zapadliska przedkarpackiego, cz. 2, 2014–2018. Hydrogeotechnika Sp. z o.o., Kielce.
- MALINOWSKI J. (red.), 1991 – *Budowa geologiczna Polski*. T. 7. Hydrogeologia. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MARKIEWICZ D., 1981 – Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Sandomierz. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MARKIEWICZ D., 1984 – Objąsnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:200 000, ark. Sandomierz. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKA D., 1995 – Dokumentacja hydrogeologiczna w kategorii „B” ujęcia wody podziemnej z utworów dewonu środkowego w Marzyszu i Sukowie. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach [oprac. arch.].
- MASZOŃSKI E., 1961 – Szczegółowa Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Kielce. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKI E., 1967 – Szczegółowa Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Kielce. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKI E., 1968 – Objąsnienia do Szczegółowej Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000, ark. Kielce. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKI E., 1975 – Zmiany reżimu wód podziemnych Doliny Białogońskiej i rejonu Zagnańska (sprawozdanie wstępne). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddział Świętokrzyski w Kielcach [oprac. arch.].
- MASZOŃSKI E., 1983 – Mapa Hydrogeologiczna Polski 1:200 000, ark. Kielce. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKI E., 1984 – Objąsnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:200 000, ark. Kielce. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKI E., ŻAK C., 1962 – Przeglądowa mapa hydrogeologiczna Polski 1:300 000, ark. Kielce. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKI E., ŻAK C., 1968a – Dokumentacja hydrogeologiczna synkliny gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej w Górach Świętokrzyskich wraz z aneksem. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- MASZOŃSKI E., ŻAK C., 1968b – Objąsnienia do Przeglądowej mapy hydrogeologicznej Polski 1:300 000 ark. Kielce. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MASZOŃSKI E., ŻAK C., 1970 – Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych, trzeciorzędowych, kredowych i jurajskich regionu Niecki Nidziańskiej oraz czwartorzędowych i trzeciorzędowych wycinka Zapadliska Przedkarpackiego. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- MASZOŃSKI E., ŻAK C., 1976 – Zmiany reżimu wód podziemnych w rejonów: Zagnańska, Białogonu i Białego Zagłębia. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- MASZOŃSKI E., ŻAK C., 1977 – Zmiany reżimu wód podziemnych w rejonów: Zagnańska, Białogonu i Białego Zagłębia. Inst. Geol. [oprac. arch.].

- MASZOŃSKI E., ŻAK C., 1979 – Zmiany reżimu wód podziemnych w rejonów: Zagnańska, Białogonu i Białego Zagłębia. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- MASZOŃSKI E., ŻAK C., 1980 – Zmiany reżimu wód podziemnych w rejonów: Zagnańska, Białogonu i Białego Zagłębia. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- MIKOŁAJKÓW J., SADURSKI A. (red.), 2017 – Informator PSH pt. „Główne zbiorniki wód podziemnych”. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- MIKUŁA E., 1970 – Aneks do dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wód podziemnych z utworów dewonu, permu i triasu w kategorii „B” w rejonie Zagnańska. Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Łodzi [oprac. arch.].
- MEYŃCZAK T., BRUCZYŃSKA J., PRAŻAK J., KOS. M., BIAŁECKA K., LIPIEC I., MILANOWICZ A., STAŃCZYK E. 2019 – Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z odwodnieniem złoża wapieni Trzuskawica do rzędnej +180 m n.p.m. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddział Świętokrzyski w Kielcach [oprac. arch.].
- MUSIAŁ T., 1987 – Mapa Hydrogeologiczna Polski. 1:200 000, ark. Częstochowa. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MUSIAŁ T., 1988 – Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:200 000, ark. Częstochowa. Wydaw. Geol., Warszawa.
- OKRAJEWSKA R., BUCZKOWSKI T., 2007 – Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia Kielce-Dyminy wód podziemnych z utworów dewonu środkowego dla zaopatrzenia wodociągu komunalnego w wodę – aktualizacja zasobów, m. Kielce-Dyminy, pow. kielecki, woj. świętokrzyskie. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach [oprac. arch.].
- 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., SADURSKA A., (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski, t. I. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PAWUŁA A., GÓRSKI J., 1972 – Ocena warunków i prognoza eksploatacji ujęć wód podziemnych z utworów środkowego dewonu w Dolinie Białogońskiej na podstawie badań analogowych. Inst. Gosp. Komunal. w Poznaniu [oprac. arch.].
- PAZDUR J., 1967 – Dzieje Kielc do 1863 r. Zakład Narodowy im. Ossolińskich we Wrocławiu.
- PAZDUR J., 1971 – Dzieje Kielc 1964–1939. Zakład Narodowy im. Ossolińskich we Wrocławiu.
- PORWISZ B., KOWALSKI J., KOZIARA T., KNEZ J., SZKLARCZYK T., 2003 – Dokumentacja hydrogeologiczna Rejonu Eksploatacji Wód Podziemnych (RE) Kielce – aktualizacja zasobów wód podziemnych ujęcia komunalnego w Kielcach – Białogonie. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie [oprac. arch.].
- PRAŻAK J., 1989 – Kierunki działań dla ochrony ujęcia komunalnego Kielc w Dolinie Białogońskiej. Przedsiębiorstwo Robót Wiertniczych i Górniczych w Kielcach [oprac. arch.].
- PRAŻAK J., 1990 – Kryteria i warunki eksploatacji dużych ujęć wód podziemnych w regionie świętokrzyskim”. Państw. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- PRAŻAK J., 1994a – Dokumentacja hydrogeologiczna rejonu eksploatacji (RE) Kielce, w tym GZWP nr 417 Kielce. Państw. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- PRAŻAK J., 1994b – Wpływ intensywnej eksploatacji wód podziemnych na stopień ich zagrożenia w południowym skrzydle synkliny kieleckiej [niepubl. pr. doktor.]. Biblioteka Główna AGH, Kraków.
- PRAŻAK J., 1995 – Plan wodny gminy. *Prz. Geol.*, **43**, 6: 481–482.
- PRAŻAK J., 2000 – Chemizm i jakość wód w regionie środkowopolskim. Państw. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- PRAŻAK J., 2002 – Antropogeniczne zmiany składu jonowego wód szczelinowo-krasowych poziomu środkowo- i górnodewońskiego w Górach Świętokrzyskich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **404**: 165–175.
- PRAŻAK J., 2007 – Subregion środkowej Wisły wyżynny część centralna. W: *Hydrogeologia regionalna Polski* (red. B. Paczyński, A. Sadurski): 174–187. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PRAŻAK J., 2010 – Szkic warunków paleohydrogeologicznych w procesie kształtowania się składu chemicznego wód mineralnych w rejonie Buska-Zdroju. W: *Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju* (red. R. Lisik). Wydaw. XYZ, Kielce.
- PRAŻAK J., 2012a – Pozycja hydrodynamiczna i znaczenie gospodarcze dewońskich zbiorników wód podziemnych w Górach Świętokrzyskich. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **198**.
- PRAŻAK J., 2012b – Ujęcie Zagnańsk dla Kielc. W: *Ocena prognoz zasobów eksploatacyjnych poprzez porównanie szacunków zasobowych z wynikami długotrwałej eksploatacji ujęć wód podziemnych (studium metodyczne)* (red. S. Dąbrowski, J. Przybyłek). Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- PRAŻAK J., JANECKA-STYRCZ K., 2007 – Kielce. W: *Informator PSH pt. „Wody podziemne miast wojewódzkich Polski”* (red. Z. Nowicki): 55–70. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PRAŻAK J., SZCZEPAŃSKI A., 1991 – Charakterystyka głównych zbiorników wód podziemnych w regionie świętokrzyskim. W: *Współczesne problemy hydrogeologii*, 5: 184–187. Warszawa-Jachranka.
- PRAŻAK J., MASZOŃSKA D., TRACZ M., 1986 – Projekt badań hydrogeologicznych do kat. „C” terenów perspektywicznych do budowy dużych ujęć wód podziemnych w rejonie Kielce-Piekoszów i skorygowania w kat. „B” zasobów eksploatacyjnych Doliny Białogońskiej dla potrzeb aglomeracji Kielce. Przedsiębiorstwo geologiczne w Kielcach [oprac. arch.].
- PRAŻAK J., HERMAN G., KOWALCZEWSKA G., WRÓBLEWSKA E., 1990 – Kryteria i warunki optymalnej eksploatacji wód podziemnych w regionie świętokrzyskim. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddział Świętokrzyski w Kielcach [oprac. arch.].
- 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., 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. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce.
- PRAŻAK J., JANECKA-STYRCZ K., PACIURA W., 1998a – Strategia biernej ochrony wód podziemnych w regionie świętokrzyskim. Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, Państw. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- PRAŻAK J., KOWALCZEWSKA G., PACIURA W., 1998b – Program badań regionalnego monitoringu jakości zwykłych wód podziemnych w województwie świętokrzyskim w latach 1999–2002. Państw. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- PRAŻAK J., JANECKA-STYRCZ K., KOWALCZEWSKA G., 2003 – Program badań regionalnego monitoringu jakości zwykłych wód podziemnych w województwie świętokrzyskim w latach 2004–2007. Państw. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].

- PRAŻAK J., JANECKA-STYRCZ K., KOS M., KOWALCZEWSKA G., MACHOWSKA K., MŁYŃCZAK T., WRÓBLEWSKA E., 2005 – Wskazania możliwości pozyskania dla miasta Kielce wód kopalnianych z obszaru Gałęzice-Bolechowice-Borków wraz określeniem wpływu odwodnień górniczych na zasoby komunalnych ujęć wód podziemnych Kielce – na podstawie badań modelowych. Państw. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- RODZIOCH A., MUTER K., WIEWIÓRA A., MANUSZAK M., JELENIEWICZ G., URSZULAK M., 2012 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby wód podziemnych zlewni Nidy bez rejonu Kielce. HYDROEKO Biuro Poszukiwań i Ochrony Wód Andrzej Rodzich, Warszawa [oprac. arch.].
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (DzU Nr 143/2008 poz. 896). Uchylone przez Ministerstwo Środowiska od dnia 13.01.2016 r.
- RÓŻKOWSKI A., RÓŻKOWSKI J., 2010 – Pochodzenie mineralizacji wód wód siarczkowych Buska – ich paleogeneza. W: Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju (red. R. Lisik). Wydaw. XYZ, Kielce.
- RÓŻKOWSKI K., ZDECHLIK R., KAZANOWSKA-OPALA K., 2017 – Dodatek nr 3 do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia komunalnego w Kielcach-Białogonie. Fundacja Nauka i Tradycje Górnicze, Kraków [oprac. arch.].
- RYBKA A., KOŚCIELNIAK S., 1992 – System ochrony wód podziemnych ujęcia komunalnego Kielce w Białogonie. Sprawozdanie nr 1 i 2 z prac sozologicznych w zakresie rozpoznawania stanu czystości gruntu i wód podziemnych w rejonie obiektów stwarzających potencjalne zagrożenie dla jakości wód podziemnych. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach [oprac. arch.].
- RZONCA B., 2001a – Hydrogeologiczne własności węglanowych skał dewońskich w regionie świętokrzyskim [niepubl. pr. doktor.]. Biblioteka Główna AGH, Kraków.
- RZONCA B., 2001b – Parametry filtracyjne węglanowych skał dewońskich w Górach Świętokrzyskich, interpretacja wyników próbnych pompowań w warunkach ustalonych i nieustalonych. W: Współczesne problemy hydrogeologii, 10, 1: 257–262. Inst. Nauk Geol. UWrocław, Wrocław.
- RZONCA B., 2005 – Hydrogeologiczne właściwości przestrzeni porowej dewońskich skał węglanowych w Górach Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, 53, 5: 400–409.
- RZONCA B., 2006 – Hydrogeologiczne właściwości dewońskich skał węglanowych w masywie świętokrzyskim. *Geol. AGH*, 32, 3: 235–243.
- RZONCA B., 2008 – Carbonate aquifers with hydraulically nonactive matrix: A case study from Poland. *J. Hydrogeol.*, 355: 202–213.
- RZONCA B., PRAŻAK J., 2002 – Zmienność parametrów filtracyjnych węglanowych skał dewońskich w Górach Świętokrzyskich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 404: 233–248.
- RZONCA B., BORCZAK S., PRAŻAK J., 2003 – Wstępna ocena własności hydrogeologicznych matrycy dewońskich skał węglanowych (Góry Świętokrzyskie). W: Współczesne problemy hydrogeologii, 11, 1: 211–214. Politechnika Gdańska, Gdańsk.
- SIEJKA R., 1990 – Dokumentacja badań geologicznych dla oceny wpływu zakładu naftowego CPN Białogon na jakość wód podziemnych w Dolinie Białogońskiej. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach [oprac. arch.].
- STELMACH M., GÓRSKI J., MARCINIAK M., MAZUREK K., 1983 – Analiza warunków eksploatacyjnych i zasobowych ujęcia wód podziemnych w Zagnańsku. Instytut Kształtowania Środowiska w Poznaniu [oprac. arch.].
- SZCZEPAŃSKI A. i in., 1984 – Model hydrogeologiczny synkliny gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej. IHiG AGH, Kraków [oprac. arch.].
- SZCZEPAŃSKI J., 1999 – Dzieje wodociągów i kanalizacji w Kielcach w latach 1929–1999. Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.
- SZUFLICKI M., MALON A., TYMIŃSKI M. (red.), 2018 – Bilansu zasobów kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2017 r. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- TASZEK B., 1982 – Dokumentacja hydrogeologiczna Stacji I-go rzędu obserwacji wód podziemnych z utworów czwartorzędowych, triasowych, cechsztyńskich i dewonu z lokalizacją w Nałęczowie k/Kielce. Kombinat Geologiczny Południe w Katowicach, Zakład Projektów i Dokumentacji Geologicznych Oddział Kielce [oprac. arch.].
- ULMAN-BORTNOWSKA M., 1995 – Dokumentowanie zbiorników wód podziemnych i zasad ochrony obszarów ich zasilania (wskazania). MOŚZNIŁ, Warszawa.
- URBAN J., RZONCA B., 2009 – Karst systems analyzed using borehole logs. Devonian carbonates of the Świętokrzyskie (Holly Cross) Mountains, Central Poland. *Geomorphology* 112: 27–47.
- WIOŚ w Kielcach, 2017 – Stan Środowiska w województwie Świętokrzyskim, Raport 2017. Kielce.
- WOŚ A., 1996 – Zarys klimatu Polski. Wydaw. Nauk. UAM, Poznań.
- ZIELIŃSKI W., ŚLIWKA R., DZIEDZIC P., GARECKI J., GÓRKA J., KRUK L., SKĄPSKI K., 1998 – Dokumentacja hydrogeologiczna Głównego Zbiornika Wód Podziemnych (GZWP) nr 409 Niecka Miechowska (część SE). ARCADIS Ekokonrem Sp. z o.o., Wrocław. Narod. Arch. Geol. PIB-PIB, Warszawa.
- ŻAK C., 1976 – Charakterystyka Geologiczna regionu świętokrzyskiego. *Prz. Geol.*, 8: 479–482.
- ŻAK C., 1980 – Aneks do opracowania „Zmiany reżimu wód podziemnych w rejonach Białogonu, Zagnańska i Białego Zagłębia”. Inst. Geol. Oddział Świętokrzyski [oprac. arch.].
- ŻAK C., 1991 – Region Świętokrzyski. W: Budowa geologiczna Polski, t. 7. Hydrogeologia (red. J. Malinowski): 128–144. Państw. Inst. Geol., Warszawa.



ISBN 978-83-66305-70-0