

ODNAWIALNOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH LUBIŃSKO-GŁOGOWSKIEGO OBSZARU MIEDZIONOŚNEGO

JACEK GURWIN, LECH POPRAWSKI*

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań odnawialności wód podziemnych lubińsko-głogowskiego obszaru miedzionośnego (l-g-o-m). Dla oceny odnawialności wykorzystano dwie metody: modelowanie numeryczne w odniesieniu do wydzielonej struktury pradoliny oraz analizę badań izotopowych przeprowadzonych na całym obszarze l-g-o-m. Po identyfikacji stref zasilania i drenażu określone zostały dla nich wypadkowe, średnie prędkości przepływu wód podziemnych odpowiednio: $3-6 \times 10^{-3}$ m/d i $\sim 3 \times 10^{-1}$ m/d, a także średni czas filtracji. Badania izotopowe wykazały, że wody z kopalń „Rudna” i „Sieroszowice” wykazują cechy infiltracji przedplejstoceniowej, natomiast wody z kopalń „Lubin” i „Polkowice” są wieku holoceniowego.

1. Wstęp

Badania zostały przeprowadzone w lubińsko-głogowskim obszarze miedzionośnym, znajdującym się w rejonie środkowego biegu lewobrzeżnej Odry (rys. 1). Prowadzone tu od lat prace hydrogeologiczne związane z eksploatacją rud miedzi oraz wydzieleniem dwóch głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) (Kleczkowski et al. 1990) koncentrowały się przede wszystkim na zagadnieniach dopływów wód do kopalń (Bocheńska 1988; Bocheńska et al. 1995), problematyce zasobowej (Bocheńska et al. 1992; Gurwin 1997a; Zaleska et al. 1992) oraz ochrony wód (Witeczak et al. 1990, Duda i Witeczak 1993; Szczepiński 1993). Badania izotopowe przeprowadzone zostały po raz pierwszy, a ich

* Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych

połączenie z wynikami numerycznego modelu filtracji daje w efekcie interesującą charakterystykę procesów odnawialności wód podziemnych na tym obszarze.

2. Ogólna charakterystyka obszaru

Pod względem fizyczno-geograficznym północna część l-g-o-m obejmuje Pradolinę Głogowską, część środkowa zachodni fragment Wału Trzebnickiego (Wzgórza Dalkowskie), a część południowa rozprzestrzenia się na Wysoczyźnie Lubińskiej i Równinie Szprotawskiej. Lubińsko-głogowski obszar miedzionośny w całości objęty jest lewobrzezną częścią dorzecza Odry. Odra ogranicza l-g-o-m od wschodu i północy. Sieć rzeczną tworzą ponadto: Zimnica, Rudna i Szprotawa (rys. 1).

W budowie geologicznej lubińsko-głogowskiego obszaru miedzionośnego wyróżnia się następujące jednostki geologiczno-strukturalne: krystaliczne podłoże monokliny przedsudeckiej, monoklinę przedsudecką oraz okrywą kenozoiczną monokliny przedsudeckiej.

W profilu pionowym l-g-o-m wydzielić można cztery piętra wodonośne: czwartorzędowe, trzeciorzędowe, triasowe i permskie, w obrębie których poszczególne poziomy wodonośne są od siebie poddzielane warstwami utworów słaboprzepuszczalnych, często o nieciągłym charakterze. Wieloletni drenaż górotworu związany z eksploatacją kopalń wywołał depresję zwierciadła wód podziemnych w skali regionalnej w poziomach wodonośnych permu, triasu i trzeciorzędu (Bocheńska 1988). Rozwój leja depresyjnego w poziomie cechsztyńskich węglanów W-1 spowodował nasilenie przesączania w kontaktujących się hydraulicznie trzeciorzędowych poziomach wodonośnych i tym samym stałe obniżanie się wysokości hydraulicznych.

Aktualny stan hydrodynamiczny wskazuje, że wpływ odwadniania górniczego nie zaznacza się w objętym modelem numerycznym plejstocenijskim zbiorniku wód podziemnych, związanym z pradoliną Odry (rys. 1). System wodonośny o ściśle zdefiniowanych powierzchniach brzegowych, w obrębie którego wydzielono GZWP nr 314 o wysokich zasobach rzędu 80 tys. m³/d, był poligonem badawczym dla określenia odnawialności wód podziemnych metodami modelowania numerycznego.

Znacznie większy obszar został przyjęty do przeprowadzenia badań izotopowych (rys. 1). Próby do badań izotopowych pobrano w wyrobiskach górniczych oraz na dużych ujęciach wód podziemnych zlokalizowanych w obrębie całego l-g-o-m.

3. Odnawialność strumieni wód podziemnych na podstawie modelu numerycznego

Obliczenia z zakresu odnawialności wód podziemnych przeprowadzono w oparciu o wykonany model filtracji systemu wodonośnego pradoliny Odry. Dla potrzeb badań modelowych przyjęto układ dwuwarstwowy, w którym poziom wodonośny w utworach czwartorzędowych współdziała za pośrednictwem kontaktów hydraulicznych poprzez warstwę rozdzielającą z górnym poziomem wodonośnym w utworach trzeciorzędowych (Gurwin 1997b).

Pierwszy modelowany poziom wodonośny zasilany jest przede wszystkim na drodze infiltracji wód z opadów atmosferycznych. Tworzą go utwory piaszczysto-żwirowe, a warstwy wodonośne znajdują się w ścisłym związku hydraulicznym. Ich ciśnienia piezometryczne kształtują się na tej samej wysokości. W koncepcji modelu regionalnego układ ten uwzględniony został jako jeden czwartorzędowy użytkowy poziom wodonośny. Druga modelowana warstwa, odwzorowująca górny trzeciorzędowy poziom wodonośny, zasilana jest na drodze przesączania wód podziemnych z poziomu pierwszego oraz poprzez dopływ boczny od południa.

Objęcie badaniami modelowymi całego systemu wodonośnego pozwoliło uwzględnić przepływy wód podziemnych od obszarów zasilania i formowania zasobów do stref drenażu. Obszar rozpoznania hydrogeologicznego na południu i południowym zachodzie wykracza poza granice modelu. Dzięki temu można było dokładnie określić sposoby współdziałania systemu pradoliny Odry z obszarami przyległymi. Na wschodzie i północy granicę przyjętego układu hydrodynamicznego stanowi rzeka Odra. Przyjęto ustalony model filtracji.

Dyskretyzacja obszaru filtracji została wykonana jednolitą dla obu poziomów wodonośnych siatką prostokątną. Bezpośrednimi badaniami modelowymi objęty został obszar 314,62 km². Wyznaczona za pomocą 45 wierszy i 60 kolumn siatka posiada 2700 bloków. Przyjęto zmienny krok siatki, w której szerokość i długość bloków obliczeniowych waha się od 222 m do 750 m. Siatka dyskretyzacyjna modelu zorientowana jest w kierunku N – S (rys. 2). Zewnętrzne granice obszaru objętego modelem odzwierciedlają naturalny przebieg rzeki Odry od strony północno-wschodniej i północnej, wyznaczone działy wód podziemnych na południowym-wschodzie i zachodzie oraz przebieg hydroizohips na południu i południowym - zachodzie. Zbudowany został model dwuwarstwowy pseudoprzestrzenny, tzn. uwzględniający pionowe przesączanie przez warstwę rozdzielającą.

Model numeryczny wykonano głównie dla ocen zasobowych, jednak wykorzystując wyniki obliczeń wysokości hydraulicznej na modelu filtracji w odniesieniu do użytkowego czwartorzędowego poziomu wodonośnego zastosowano

obliczeniową metodę śledzenia cząstek (ang. particle tracking) celem identyfikacji stref zasilania, analizy prędkości przepływu i transportu adwekcyjnego w strumieniu wód podziemnych. W całym polu filtracji, dla wszystkich bloków obliczeniowych wyznaczone zostały średnie wartości rzeczywistej prędkości przepływu. Główne obszary zasilania występują na obszarze Wzgórz Dalkowskich, z których przepływ następuje ku Odrze i Rudnej, czyli do stref drenażu (rys. 2).

Wyniki wskazują, że w obrębie wydzielonego systemu wodonośnego w plejstoceniowych fluwioglacjalnych utworach najniższe średnie prędkości przepływu, rzędu $3-6 \times 10^{-3}$ m/d (1-2 m/rok), występują właśnie w obszarach wysoczyznowych - w strefach wododziałowych. Transport adwekcyjny przebiega szybciej w strefach tranzytu wód podziemnych i osiąga prędkości $2-7 \times 10^{-2}$ m/d (7-25 m/rok). W strefach drenażu prędkości są najwyższe rzędu 3×10^{-1} m/d (>100 m/rok). Wyznaczone na tej podstawie linie prądu przebiegające pomiędzy strefami zasilania i drenażu dały dla wybranego strumienia przedział czasu przepływu cząstki wody od min. 42 824 dni do max. 73 402 dni. Na tej podstawie można określić wypadkowe tempo odnawialności wód podziemnych na 130 lat.

4. Izotopowe badania odnawialności wód podziemnych

Jak już wspomniano we wstępie na obszarze l-g-o-m nie prowadzono dotychczas badań izotopowych. Przedstawione niżej wyniki są pierwszą próbą interpretacji wieku wód oraz czasu wymiany wody w zbiornikach na tym terenie, przeprowadzoną z zastosowaniem tych metod. Próby do oznaczeń zawartości stabilnych izotopów tlenu i wodoru, a także do określenia zawartości trytu zostały pobrane z wypływów do wyrobisk górniczych wszystkich kopalń rud miedzi oraz z wybranych ujęć wodociągowych, bazujących na zasobach zbiorników trzecio- i czwartorzędowych. Dzięki temu możliwa była interpretacja procesów wpływających na odnawialność wód podziemnych także w odniesieniu do poziomów głębszych. Lokalizację punktów opróbowania przedstawiono na rys. 1, a wyniki oznaczeń zawarte są w tabeli 1. Równoległe z opróbowaniem na badania izotopowe pobrano próby wody do oznaczenia podstawowego składu chemicznego. Pozwoliło to na przeanalizowanie zależności pomiędzy składem izotopowym wody a takimi elementami składu chemicznego jak zawartość jonu chlorkowego czy ilość substancji rozpuszczonych w wodzie określona jako sucha pozostałość (TDS). Wyniki składu izotopowego wód, których oznaczenia wykonano w laboratorium Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, odniesiono do diagramu typowych składów izotopowych wód z obszaru Polski opracowanego przez Zubera i Grabczaka (1985).

Wody podziemne l-g-o-m wykazują zróżnicowany skład izotopowy. Wyniki grupują się wzdłuż prostej $\delta D = 7,58\delta^{18}O + 4,45$ (rys. 3), zbliżonej do światowej linii opadów ($\delta D = \delta^{18}O + 10$), z niewielkim odchyleniem w kierunku linii „sudeckiej” ($\delta D = 5,17\delta^{18}O - 16,3$), określonej przez Ciężkowskiego i Kryżę (1989). Niskoizmineralizowane wody dopływające do kopalń „Lubin” oraz „Polkowice” są wodami infiltracyjnymi, których wiek można ocenić na holocen. Śladowe ilości trytu w próbach KL1, KL2 i KP1 świadczą o pewnym udziale wód współczesnych. Nieco inny skład izotopowy wykazuje próbka KL4 pobrana w podszybiu szybu L-VI kopalni „Lubin”, która w porównaniu z innymi próbkami z tego rejonu wykazuje wyższą mineralizację (29,06 g/dm³). Skład izotopowy wskazuje, że jest to woda przedczwartorzędowa z domieszką wody współczesnej. Świadczy o tym również obecność trytu w ilości 1,8 T.U. (tab. 1). Zupełnie odmienny skład izotopowy wykazują wysokoizmineralizowane solanki z kopalń „Rudna” i „Sieroszowice”. Te wody wykazują cechy infiltracji przedplejstocenińskiej, przy czym im wyższa ich mineralizacja, tym niższe wartości δD i $\delta^{18}O$.

Wody w formacjach kenozoicznych, opróbowane w studniach eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych wykazują cechy infiltracji współczesnej i holocenińskiej, przy czym płytkie wody czwartorzędu (ujęcia Polkowice, Retków, Szprotawa) cechują się znaczną zawartością trytu (ponad 25 T.U.) w porównaniu z ujęciami trzeciorzędowymi, gdzie trytu jest brak lub stwierdza się jego ślady (na poziomie dokładności oznaczeń). Wyjątkiem jest tu studnia trzeciorzędowa G-1 w Prochowicach, gdzie stwierdzono tryt w ilości 25,3 T.U. Jest to jednak płytkie ujęcie (studnia ma kilkanaście metrów głębokości). Skład izotopowy podobny do wód z utworów trzeciorzędowych ma próba UP8 pobrana z ujęcia w Potoczku. To ujęcie założone jest w pogrzebanej, staroczwartorzędowej strukturze wodonośnej.

Analizując zależności TDS/ $\delta^{18}O$, TDS/ δD , Cl/ $\delta^{18}O$ i Cl/ δD (rys. 4) widać wyraźnie, że wody dopływające do kopalń „Lubin” i „Polkowice” oraz wody z ujęć trzeciorzędowych, mimo podobnego składu izotopowego, a co za tym idzie i wieku wód, różnią się zdecydowanie składem chemicznym. Zróżnicowanie to wynika przede wszystkim z różnic litologicznych skał zbiornikowych w utworach trzeciorzędowych oraz cech sztywności.

5. Podsumowanie

Zastosowana metoda numeryczna umożliwiła wykonanie na modelu symulacji z zakresu identyfikowania rzeczywistych prędkości, linii prądu oraz czasu przepływu strumienia wód podziemnych. W ten sposób określone zostało tempo odnawialności wód podziemnych w plejstocenijskim użytkowym poziomie wodonośnym. Przedstawione wyniki rozstrzygają tym samym zagadnienie transportu

adwekcyjnego w wodach podziemnych. Tak wykonany model może być podstawą dla bardziej złożonego adwekcyjno-dyspersyjnego modelu transportu masy zanieczyszczeń z uwzględnieniem adsorpcji.

Dla całego obszaru l-g-o-m informacje o odnawialności wód podziemnych w głębszych poziomach wodonośnych, pozostających pod wpływem odwadniania górniczego, zostały zebrane w oparciu o wyniki przeprowadzonych oznaczeń izotopowych. Z przeprowadzonej analizy wynika, że wody dopływające do kopalń „Lubin” i „Polkowice” są wodami zdecydowanie młodszymi niż wody dołowe kopalń „Rudna” i „Sierszowice”. Znacznie zróżnicowana jest również ich mineralizacja. Wody z ujęć w utworach czwartorzędowych o znacznej zawartości trytu zidentyfikowane zostały jako wody współczesnej infiltracji, co znajduje potwierdzenie w analizie tempa odnawialności na modelu numerycznym.

6. Literatura

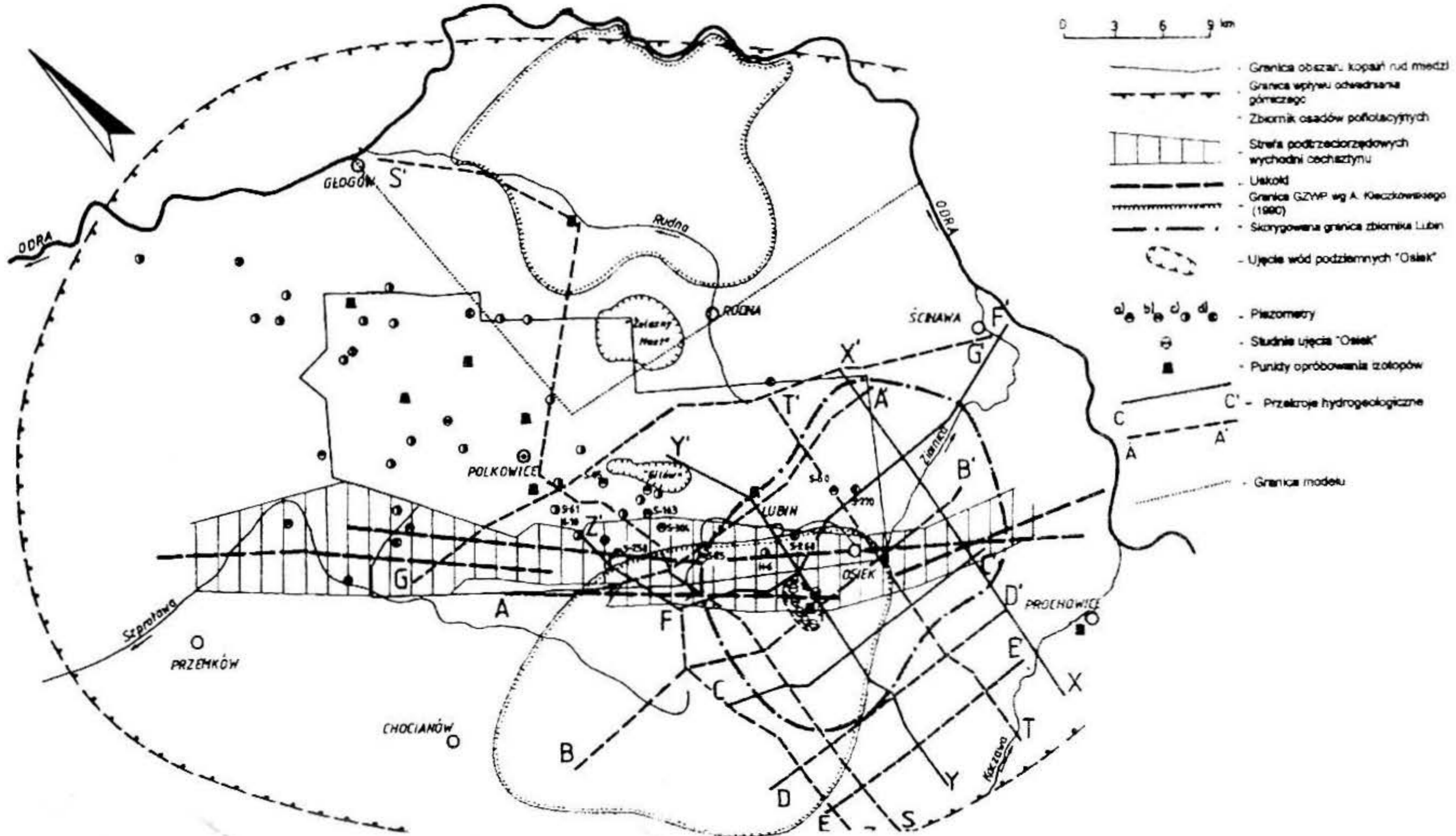
1. Bocheńska T. 1988a: *Kształtowanie się warunków hydrodynamicznych w lubińsko-głogowskim obszarze miedzionośnym pod wpływem odwadniania kopalń*, Acta Univ. Wratislaviensis, Pr. Geol.-Miner. XIV.
2. Bocheńska T., Limisiewicz P., Poprawski L. 1992: *Elementy bilansu hydrogeologicznego w rejonie Wzgórz Dalkowskich*, Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia nr 5/92.
3. Bocheńska T., Fiszer J., Kalisz M. 1995: *Weryfikacja prognoz dopływów do kopalń w legnicko-głogowskim obszarze miedzionośnym na podstawie badań modelowych*, W tomie VII: „Współczesne problemy hydrogeologii”, Kraków - Krynica.
4. Ciężkowski W., Kryza J. 1989: *Deuter i tlen-18 w zwykłych wodach podziemnych Sudetów. Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski*. Prace Nauk. Inst. Geotechniki Politechniki Wrocławskiej, 58, seria Konferencje 29, s. 183-189.
5. Duda R., Witczak S. 1993: *Staly model hydrogeologiczny rejonu zbiornika „Żelazny Most” jako podstawowe narzędzie do oceny oddziaływania na środowisko i sposobów ochrony wód podziemnych*. Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. VI, Wrocław, s. 197-204.
6. Gurwin J. 1997a: *Ocena odpływu podziemnego w pradolinie Odry w obszarze zlewni rzeki Rudnej*. [w:] Współczesne Problemy Hydrogeologii. T. VIII, Poznań.
7. Gurwin J. 1997b: *Model hydrogeodynamiczny systemu wodonośnego pradoliny Odry w rejonie Głogowa*. Archiwum ING U.Wr.

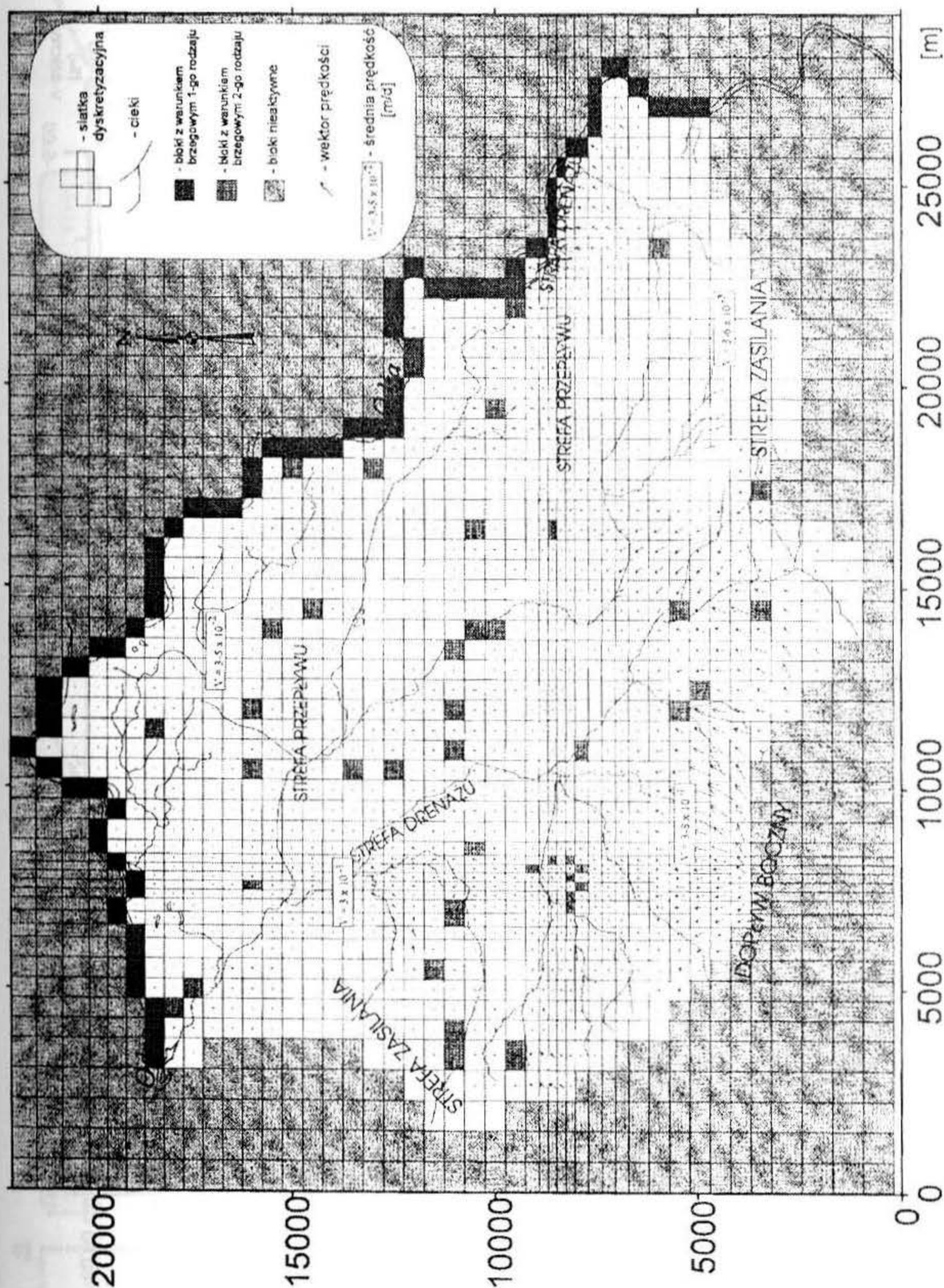
8. Kleczkowski A. et al. 1990: *Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony (1:500 000)*, CPBP 04.10.: Ochrona i Kształtowanie Środowiska Przyrodniczego, Kraków IHiGI-AGH, ark. 4., przekr.10.
9. Szczepiński J. 1993: *Dyspersja hydrodynamiczna w rejonie regionalnego ogniska zanieczyszczeń*. Technika Poszukiwań Geologicznych Geosynoptyka i Geotermia, nr 4.
10. Witczak S. et al. 1990: *Prognoza rozprzestrzeniania się wód skażonych ze zbiornika „Żelazny Most” do roku 2000, ze szczególnym uwzględnieniem zagrożenia ujęć wody pitnej Retków–Stara Rzeka*, Praca AGH, Kraków.
11. Zaleska M., Kołaczkowski M., Kuzynków H., Niżyński S. 1992: *Zasoby wód podziemnych z utworów czwartorzędu, trzeciorzędu i kredy województwa legnickiego*. Dokumentacja hydrogeologiczna PG „Proxima” we Wrocławiu.
12. Zuber A., Grabczak 1985: *Pochodzenie niektórych wód mineralnych Polski Południowej w świetle dotychczasowych badań izotopowych*. Mat. III Ogólnopolskiego Sympozjum Aktualne problemy hydrogeologii. Wyd. AGH Kraków, s. 135-149.

Tabela 1. Zestawienie wyników badań składu izotopowego wód podziemnych

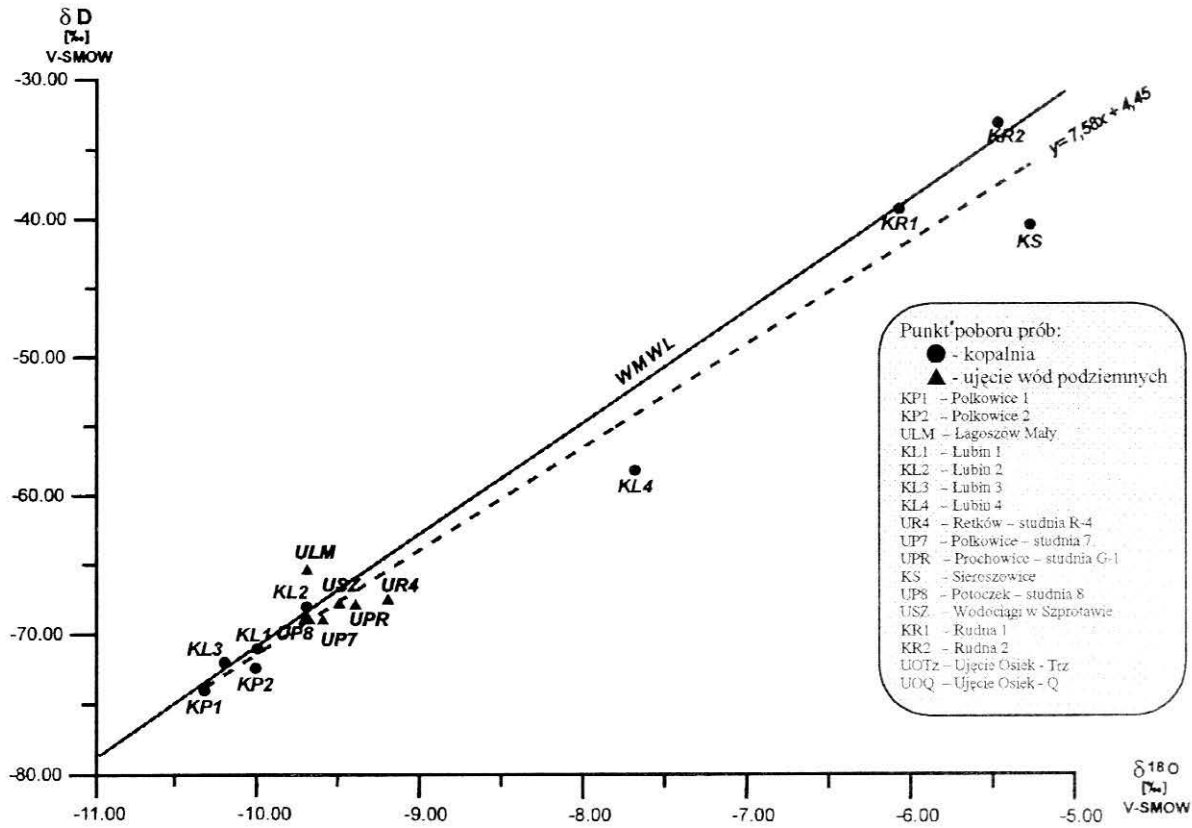
N ^o	Symbol próby	Lokalizacja	Data	$\delta^{18}\text{O}$	δD	Tryt [T.U.]
1	KP1	Polkowice 1	20.08(?)95	-10,32	-74,00	0.1 ± 0.5
				-10,35		
2	KP2	Polkowice 2	20.08(?)95	-10,01	-72,40	0.0 ± 0.5
				-9,96		
3	ULM	Łągoszów Mały	14.07.94	-9,70	-65,30	0.2 ± 0.5
4	KL1	Lubin 1	96-07-01	-10,00	-71,00	0.1 ± 0.5
				-10,00	-70,00	
5	KL2	Lubin 2	96-07-01	-9,70	-68,00	0.2 ± 0.5
				-9,90	-68,00	
6	KL3	Lubin 3	96-07-01	-10,20	-72,00	0.0 ± 0.5
				-10,10	-74,00	
					-73,00	
7	KI4	Lubin 4	96-07-01	-7,70	-58,00	1.8 ± 0.5
				-7,60	-59,00	
8	UR4	Retków - studnia R-4	21.09.94	-9,20	-67,40	21.5 ± 1.0
9	UP7	Polkowice - studnia 7	21.09.94	-9,60	-68,90	24.4 ± 1.2
10	UPR	Prochowice - studnia G-1	21.09.94	-9,40	-67,80	25.3 ± 1.2
11	KS	Sieroszowice	22.09.94	-5,30	-40,10	0.0 ± 0.5
12	UP8	Potoczek - studnia 8	22.09.94	-9,70	-68,80	0.1 ± 0.5
13	USZ	Szprotawa - wodociągi	22.09.94	-9,50	-67,70	14.1 ± 0.7
14	KR1	Rudna 1	1.10.94	-6,10	-39,00	0.0 ± 0.5
				-6,00		
15	KR2	Rudna 2	1.10.94	-5,50	-32,80	0.0 ± 0.5
				-5,40		
16	UOTz	ujęcie Osiek - Trz	10.07.96	-9,40	-67,00	0.1 ± 0.5
				-9,40	-67,00	
				-9,40		
17	UOQ	Ujęcie Osiek - Q	10.07.96	-9,90	-71,00	19.3 ± 0.9
				-9,80	-70,00	

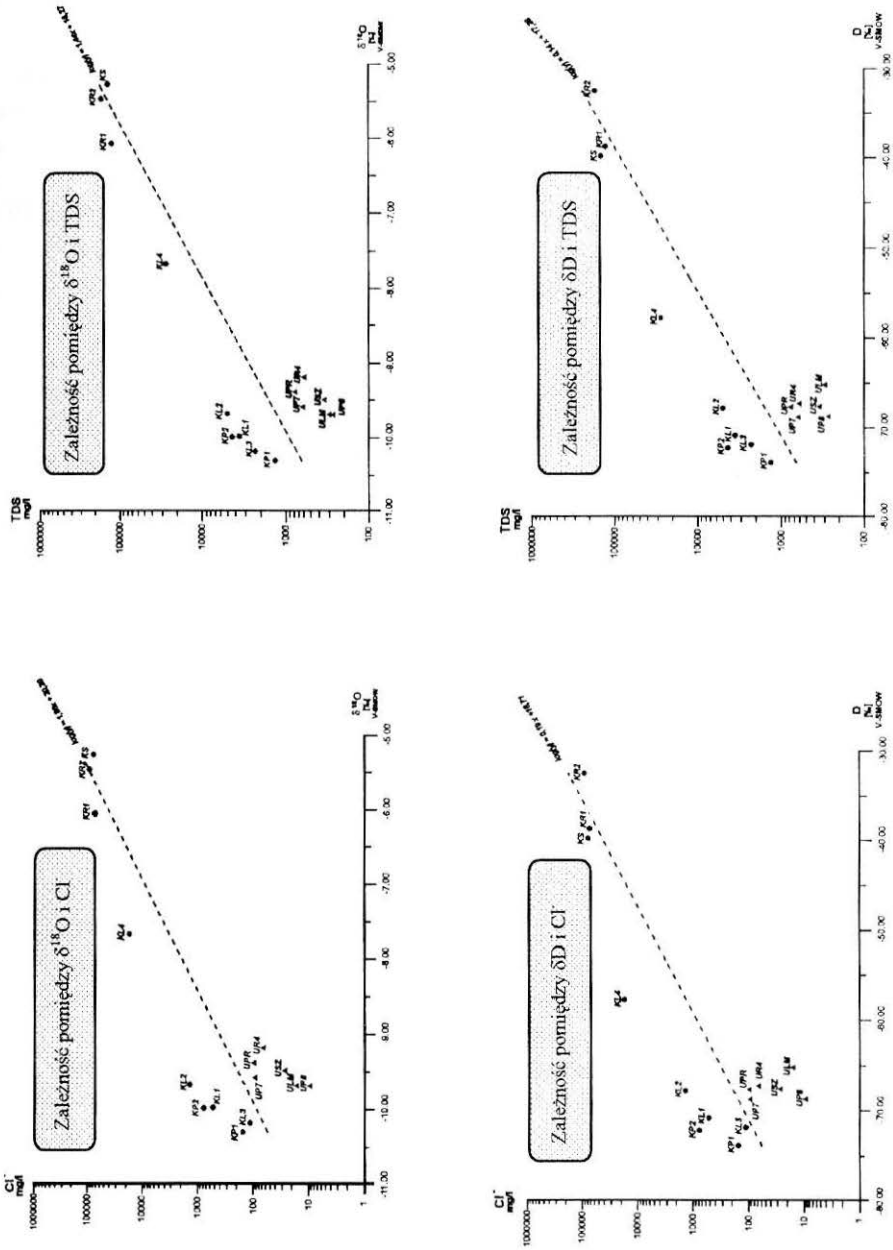
Rysunek 1. Lokalizacja przeprowadzonych badań





Rysunek 2. Warunki odnawialności wód podziemnych według modelu numerycznego

Rysunek 3. Zależność $\delta^{18}O/\delta D$ w wodach podziemnych l-g-o-n



Rysunek 4. Zależności $\delta^{18}O/Cl^-$, $\delta D/Cl^-$, $\delta^{18}O/TDS$, $\delta D/TDS$ w wodach podziemnych l-g-o-m