

**Przeobrażenia składu chemicznego
wód krasowych
południowej części Wyżyny Krakowskiej
(zlewnia Rudawy i Prądnika)**

Jacek Rózkowski

**Transformations in chemical composition
of karst water
in the southern part of the Cracow Upland
(Rudawa and Prądnik drainage areas)**

**Prace Naukowe
Uniwersytetu Śląskiego
w Katowicach
nr 1586**

Jacek Rózkowski

**Przeobrażenia składu chemicznego
wód krasowych
południowej części Wyżyny Krakowskiej
(zlewnia Rudawy i Prądnika)**



**WYDAWNICTWO UNIwersYTETU ŚLĄSKIEGO
KATOWICE 1996**

**Kras
i speleologia**

Numer specjalny 1(1996)

Redaktor serii: Nauki o Ziemi
ANDRZEJ T. JANKOWSKI

Recenzent
JACEK MOTYKA

Treść

Wstęp	7
Metody badań i wykorzystane materiały	10
Wybrane elementy środowiska przyrodniczego	12
Szkic geomorfologiczny	12
Uwagi o budowie geologicznej	15
Stratygrafia i litologia	16
Tektonika	19
Uwagi o klimacie	19
Uwagi o hydrografii	21
Struktura użytkowania gruntów	21
Problemy hydrogeologii krasowej	23
Poziomy wodonośne	23
Czwartorzędowy poziomy wodonośny	23
Jurajskie poziomy wodonośne	24
Paleozoiczne poziomy wodonośne	27
Krażenie wód w zbiorniku górnourajskim	27
Rodzaj zasilania i wahań zwierciadła wód podziemnych	27
Warunki krażenia wód podziemnych	32
Zjawiska krasowe w masywie jurajskim	36
Chemizm wód w obszarze krasowym	38
Własności fizykochemiczne i skład chemiczny wód podziemnych	39
Chemizm wód w utworach czwartorzędowych	39
Chemizm wód w utworach górnourajskich	39
Denudacja chemiczna	42
Tło hydrogeochemiczne	43
Zmiennosc stężeń metali w wodach z utworów jurajskich	46

Zmiany hydrogeochemiczne wynikające z antropopresji	51
Chemizm wód w obszarach o zróżnicowanym zagospodarowaniu	51
Porównanie własności fizykochemicznych wód cieków oraz wód ze źródeł	55
Regionalne zróżnicowanie chemizmu wód w obszarach o odmiennym stopniu zagospodarowania	56
Wpływ antropopresji widoczny w zmianach sezonowych i wieloletnich	56
Zmienność sezonowa chemizmu wód poziomu górnourajskiego	56
Wieloletnie zmiany w jakości wód podziemnych (1960—1989)	59
Wieloletnie zmiany stężeń wybranych wskaźników zanieczyszczeń wód	64
Jakość wód	68
Jakość wód poziomu czwartorzędowego	68
Jakość wód poziomu górnourajskiego	71
Zagrożenia wód górnourajskiego poziomu wodonośnego i ich ochrona	75
Geologiczne uwarunkowania i hydrogeologiczne kryteria oceny potencjalnego zagrożenia wód podziemnych	75
Zagrożenie jakości wód jako efekt zanieczyszczeń przemysłowych i zagospodarowania terenu	81
Wpływ przemysłu na degradację wód zbiornika szczelinowo-krasowego	81
Rolnicze zanieczyszczenia wód podziemnych zlewni Rudawy i Prądnika	84
Ochrona wód podziemnych w obszarach krasowych zlewni Rudawy i Prądnika	90
Uwagi końcowe	93
Literatura	96
Summary	103
Résumé	105

Wstęp

Niniejsza praca obejmuje obszar centralnej części Jurajskich Dolinek Krakowskich, w granicach zlewni Rudawy i Prądnika, które zajmują południową część Płaskowyżu Ojcowskiego wchodzącego w skład Wyżyny Krakowskiej. Granicę północną stanowi obszar wododziałowy rozdzielający zlewnię Prądnika oraz zlewnie Białej Przemszy i Dłubni. Południowa granica przebiega wzdłuż północnego obrzeżenia doliny Rudawy. Od wschodu badany obszar graniczy ze zlewnią Dłubni należącą do Niecki Nidziańskiej. Natomiast granica zachodnia jest wytyczona pomiędzy lokalną zlewnią Szklarki i Racławki — lewobrzeżnych dopływów Rudawy. Położenie geograficzne badanego obszaru wyznaczają współrzędne: 50°08'—50°15' N i 19°43'—19°54' E.

Specyfiką omawianego terenu jest kras rozwijający się w środowisku skał węglanowych jury górnej. Kras Wyżyny Krakowskiej charakteryzuje odmienność, która wyróżnia go na tle sąsiadujących obszarów krasowych. Wielokrotnie modyfikowany i odnawiany od okresu kredowego uzyskał swoisty kształt po trzeciorzędowych ruchach tektonicznych. Rozwój krasu w kierunku południowym ograniczyło powstanie Rowu Krzeszowickiego wypełnionego ponad 100-metrowej miąższości nadkładem ilastych utworów miocenu. W wyniku zaangażowania tektonicznego obszar krasowy został rozbity na szereg bloków, co odzwierciedla morfologia w postaci głębokich dolinek podkrakowskich, w tym malowniczej doliny Prądnika. Konsekwencją silnego rozcięcia wodonośca krasowego jest występowanie głębokiej strefy wadycznej i stosunkowo płytkiej strefy freatycznej.

Położenie geograficzne Jurajskich Dolinek Krakowskich warunkuje bezpośredni wpływ środowiskowy i gospodarczy na ten obszar dwóch wielkich aglomeracji miejsko-przemysłowych: Krakowa i Górnego Śląska. Bezpośrednie użytkowanie obszaru wiąże się z rozwojem rolnictwa, hodowli, eksploatacją wód podziemnych,

odkrywkową eksploatacją surowców skalnych, rekreacją. Jednocześnie niszczący wpływ na środowisko przyrodnicze wywiera napływ zanieczyszczonego powietrza z rejonów uprzemysłowionych oraz depozycja pyłów i opadów atmosferycznych. Próba ochrony prawnej walorów przyrodniczych unikalnego środowiska krasowego było utworzenie w 1956 roku Ojcowskiego Parku Narodowego o powierzchni 1590 ha, a w 1981 roku strefy ochronnej o powierzchni 7000 ha i Parku Krajobrazowego „Dolinki Krakowskie” obejmującego powierzchnię 13 715 ha. Problematyka poruszana w pracy wiąże się nierozzerwalnie z przedstawionymi uwarunkowaniami przyrodniczo-gospodarczymi badanego obszaru. Odzwierciedleniem złożonych oddziaływań pozytywnych i negatywnych są zasoby wód podziemnych o określonej charakterystyce ilościowej i jakościowej, o przeznaczeniu nie tylko na użytek gospodarczy (jeden z Głównych Zbiorników Wód Podziemnych w Polsce to Częstochowa E), lecz będące przede wszystkim źródłem życia, zjawisk i procesów naturalnych.

Oprócz bezpośredniego celu tej pracy, jakim było określenie dynamiki zmian i dokonanie aktualnej oceny jakości wód szczelinowo-krasowego poziomu górno-jurajskiego, przedstawiono wpływ działalności człowieka na stosunkowo szeroko pokazane tło środowiska geograficznego i geologicznego.

Pomimo tego, że tak postawione zadanie naukowe było trudne do wykonania, autor zdecydował się podjąć badania dzięki życzliwości, poparciu i silnemu zaangażowaniu kilku specjalistów, wśród których chciałby szczególnie wymienić Panią Profesor Aleksandrę Macioszczyk z Uniwersytetu Warszawskiego i Pana Profesora Mariana Pulinę z Uniwersytetu Śląskiego, którzy uznali, że przedstawiony temat mógłby być przedmiotem pracy doktorskiej.

Wymagała ona z jednej strony określenia niektórych cech środowiska geograficznego, wpływu lokalnych i regionalnych ognisk zanieczyszczeń na środowisko przyrodnicze, a przede wszystkim dotyczyła zagadnień z pogranicza krasowo-geologicznego i hydrogeologicznych. Opracowanie tej problematyki było możliwe dzięki bogatej literaturze specjalistycznej i udzielonym konsultacjom przez takie osoby jak: profesor Antoni S. Kleczkowski, profesor Jacek Motyka, profesor Edeltrauda Helios-Rybicka, profesor Andrzej Zuber z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, profesor Andrzej Rózkowski i profesor Stanisław Bukowy z Uniwersytetu Śląskiego oraz innych specjalistów.

Z drugiej strony badanie chemizmu wód podziemnych i określenie stopnia zanieczyszczenia tych wód wymagało specjalistycznych zabiegów. Spotkałem się z życzliwością wielu instytucji: Oddziału Górnośląskiego Państwowego Instytutu Geologicznego, Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, Uniwersytetu Śląskiego, Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Częstochowie, Instytutu Metali Nieżelaznych Politechniki Śląskiej w Katowicach, Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Katowicach, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Dyrekcji Ojcowskiego Parku Narodowego. Opracowanie zagadnień geograficznych, ekologicznych i geologicznych ułatwiały wspólne badania oraz dyskusje

naukowe w mojej macierzystej uczelni z dr Wiesławą Krawczyk, mgr Jolantą Opolką-Gądek, mgr. Sylwestrem Sadowskim, mgr. Ryszardem Chybiorzem, dr. Mieczysławem Leśniakiem, dr. Janem Leszkiewiczem, dr. Andrzejem Tycem, oraz z dyrektorem Józefem Partyką z Ojcowskiego Parku Narodowego, mgr. Andrzejem Pacholewskim i inż. Anną Rózkowską z Państwowego Instytutu Geologicznego, prof. Jackiem Motyka, dr. Jerzym Grabczakiem, mgr Martą Wardas z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, mgr Olgą Rapach-Król i mgr Marią Wranką z Urzędu Wojewódzkiego w Krakowie, a także dostęp do archiwów Państwowego Instytutu Geologicznego, Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Krakowie, Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Krakowie, Wydziału Ochrony Środowiska, Gospodarki Wodnej i Geologii oraz Rolnictwa Urzędu Wojewódzkiego w Krakowie, Krakowskiego Biura Geodezji i Terenów Rolnych, Przedsiębiorstwa Geologicznego w Krakowie, Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie.

Oddaję do rąk czytelników omówienie wybranych problemów w postaci skondensowanej części pracy doktorskiej. Wiele innych zagadnień rozwiązywanych w tej pracy opiera się na materiałach zawartych wyłącznie w pracy doktorskiej. Wychodziłem z założenia, że ważniejsze było przedstawienie syntetycznych wyników odnośnie do przeobrażeń składu chemicznego wód krasowych, stopnia zagrożenia i propozycje ochrony zbiornika wód podziemnych na zbiorczych rysunkach i mapach, aniżeli pokazanie warsztatu, sposobu weryfikacji danych i szczegółowego omówienia wyników badań terenowych. Mam nadzieję, że praca pozwoli na określenie stanu jakości wód podziemnych, a także przyczyn, które powodują ich degradację, co ma duże znaczenie praktyczne dla obydwu sąsiadujących aglomeracji — zarówno w użytkowaniu omawianego obszaru krasowego, jak i jego ochronie. W przyszłości, opierając się na dotychczasowych doświadczeniach, przy większym zaawansowaniu prac terenowych, podjęte będą badania szybkości filtracji wód przez strefę wadyczną, wzajemnych relacji pomiędzy zbiornikiem szczelinowo-krasowym jury górnej a pozostającymi z nim w łączności hydraulicznej zbiornikami: triasowym rozprzestrzenionym w kierunku zachodnim oraz kredowym kontynuującym się w kierunku wschodnim, a także badania porównawcze w krasie solnym i gipsowym w zróżnicowanych strefach klimatycznych.

Transformation in chemical composition of karst water in the southern part of the Cracow Upland (Rudawa and Prądnik drainage areas)

Summary

The work comprises central part of the Jurassic Cracow Valleys, namely, Rudawa and Prądnik drainage areas, which belong to Cracow—Częstochowa Upland. Karst developed in the Upper Jurassic carbonate rocks makes a specific feature of this area. The Cracow—Częstochowa Upland karst have been many times modified and renewed since the Cretaceous times and obtained its specific nature after Tertiary tectonic movements. Due to intensive tectonic activity, the karst area was broken into number of blocks, which may be observed in modern morphology as deep Cracow valleys, including picturesque Prądnik valley. As a result of cutting of karst groundwater aquifer, a deep vadose zone and relatively narrow phreatic zone occur there.

Geographical location of the Jurassic Cracow Valleys results in direct environmental and economic impacts of two large urbano-industrial agglomerations namely Cracow and Upper Silesia. The land use of the Jurassic Cracow Valleys is related to agriculture, cattle-breeding, exploitation of underground water, surface exploitation of rock resources and recreation. The problems included in this work are inseparably associated with natural and economic conditions of the area studied. Resources of underground water of certain quantitative and qualitative characteristics reflect complex positive and negative influence in the area studied. Not only are these resources used for economic purposes, but, first of all, they are sources of life, phenomena and natural processes. The main objective of this work is to determine dynamics of changes and estimate quality of water of the Upper Jurassic karst-fissure aquifer. The additional objective is to discuss human impact on the geographical and geological environment of the area studied. Practical aspect of this impact is very important for two adjacent agglomerations, both for the land use reason and for the protection of this karst area.

The analyses of the hydrochemical changes resulted from human impact together with studies on possible hazard and protection of the Upper Jurassic groundwater aquifer show the following regularities:

1. Agricultural land use causes modification in the hydrogeochemical background of the area studied. Proper recognition of the local and regional hydrogeochemical backgrounds makes it possible to determine degree and direction of present transformations of groundwater chemistry and to relate it to the original background.
2. Seasonal variability of water chemistry is directly associated with dynamics of fluctuations of the Upper Jurassic groundwater table and with vegetational seasons. In a local scale, some different trends of changes in concentrations of individual elements present in water of Rudawa and Prądnik drainage areas occur.
3. Degradation of groundwater quality in the period 1960—1990 increased; nitrates showed the largest dynamics of changes. Therefore nitrates may be used as natural tracers which inform about expansion and duration of groundwater pollution of agricultural origin.
4. Degradation of karst environment and groundwater quality results from vertical migration of pollution from the ground surface. Agricultural pollution is delivered permanently which results from the cycle of economic year. Pollution from the adjacent urban-industrial agglomerations depends on atmospheric conditions, thus it is delivered in certain periods.
5. In the Prądnik and Rudawa drainage areas, considerably hazardous level of groundwater quality keeps up. On the other hand, relatively small water pollution connected with extensive farming is observed. Growing increase of environment pollution may cause degradation of main groundwater aquifer which supply the area studied.

Apart from the standard methods used in the investigation, some special measurement methods were applied. The aim of the Author was to determine certain components using quantitative chemical semi-microanalysis of karst water basing on field laboratory of the Department of Karst Geomorphology, University of Silesia. In the first place, simple determinations of physico-chemical properties of water and its macro-ion composition were carried out both in field and laboratory. Then, regular sampling of water for test-analyses was carried out; in the selected sites, additional analyses were carried out which included 40 elements of chemical composition of water. Hydrochemical investigation was complex which enabled to observe cause-effect relationship of natural phenomena in the karst area. The analysis of chemical degradation of karst water was based on certain determinations of groundwater in phreatic zone and water of vadose zone in caves and also surface water which drains the karst area studied. Apart from the macro-ion composition, the analyses included metal determinations using different methods and also analyses of heavy metal concentrations in soils, speleothems and bottom deposits in the rivers.

Determination of complex conditions of water circulation in the karst-fissure aquifer and human impact on this aquifer required particular research methods. Therefore, the following elements were studied during the project: permeability of cap-rock lithologies, time of vertical infiltration of potential pollution from the ground, time of horizontal flow of groundwater in the aquifer (counting from the area boundaries to drainage zones). Also tritium studies were carried out which enabled to determine the age of the water present in the aquifer with particular reference to „time retention” of tritium in the pore system and time of water circulation in fissure-karst systems.

Interpretation of hydrogeological and hydrogeochemical conditions and nature of land use in the Prawdnik and Rudawa drainage areas indicates spatial and point pollution hazard of the Upper Jurassic aquifer. Water quality hazard determines necessity of protection of the karst area studied. Particular protection should include part of the area of the Landscape Jurassic Park of Cracow Valleys, especially zone of direct supply of the aquifer. The programme of groundwater protection includes passive protection, investigation of hydrochemical phenomena and active protection.

The passive protection should include limitation of town and country planning and limitation of land use. Signalling elements should consist of: modified system groundwater research for health purposes carried out by Health-Epidemiological Stations and monitoring of groundwater and aeration zone water together with rock body carried out according to directions of UNESCO-UNEP and PIOS. The active protection should include: limitation or elimination of influence of present pollution centers and improvement of surface water quality.

For the Author, the area studied has become an experimental area where it was possible to test human impact on non-typical karst environment. Results of the research in certain experimental project have, perhaps, wider importance, exceeding local dimension and may be accepted in other areas where karst environment is subjected to various human impact, for example in the whole area of Cracow—Częstochowa Upland and adjacent areas where Upper Jurassic aquifer has hydraulic contact with Triassic and Cretaceous aquifers.

Jacek Rózkowski

Les transformations de la composition chimique des eaux karstiques de la partie sud du Plateau de Cracovie (bassins versants de Rudawa et Prawdnik)

Résumé

L'étude concerne la partie centrale des Vallées Jurassiques de Cracovie, situées dans la zone des bassins versants de Rudawa et Prawdnik, faisant partie du Plateau de Cracovie. La particularité de cette région est le karst se développant dans les roches carbonatées du Jurassique supérieur. Le karst du Plateau de Cracovie, étant à plusieurs reprises modifié et renouvelé à partir du Crétacé, a obtenu sa forme spécifique après les mouvements tectoniques du Tertiaire. La région karstique, par suite des mouvements tectoniques, a été découpée en plusieurs blocs, ce qui se reflète dans sa morphologie sous forme de profondes vallées, comme la pittoresque vallée de Prawdnik. La conséquence de ce fort découpage de l'aquifère karstique est la présence d'une profonde zone vadose et d'une zone phréatique relativement basse.

Les deux grandes agglomérations urbaines et industrielles, celle de Cracovie et de Haute-Silésie, ont une influence directe, tant du point de vue économique que du point de vue de l'environnement, sur les Vallées de Cracovie. L'aménagement de la région étudiée est lié à l'agriculture, l'élevage, l'utilisation des ressources d'eaux souterraines, l'exploitation des carrières et aux loisirs. Les problèmes posés dans l'étude sont donc relatifs aux conditions économiques et géographiques de cette région. L'exemple plus caractéristique des effets positifs et négatifs est celui des eaux souterraines, qui sont utilisées non seulement dans l'industrie, mais sont tout d'abord une source de vie, de phénomènes et de processus naturels. A part l'objectif principal de cette étude, qui était la détermination du dynamisme des changements et l'analyse actuelle de la qualité des eaux karstiques du Jurassique supérieur, on a présenté l'impact de l'activité de l'homme sur le milieu géographique et géologique. Tout cela a une importance pratique pour les deux agglomérations dans l'aménagement de la région karstique et sa protection.

En analysant les changements hydrogéochimiques dus à l'anthropo-pression, ainsi que le degré de menace écologique et les possibilités de protection des eaux du Jurassique supérieur, nous avons constaté les faits suivants:

1. L'anthropo-pression due à l'agriculture a une influence très forte sur la modification du fond hydrogéochimique. La bonne connaissance du fond hydrogéochimique local et régional permet de déterminer le degré et l'évolution des transformations actuelles du chimisme des eaux souterraines et ensuite de les comparer avec le fond naturel.
2. La variation saisonnière du chimisme des eaux est directement liée au dynamisme des variations de la nappe d'eau du Jurassique supérieur, et au cycle de végétation. A l'échelle locale, on observe également des changements dans les concentrations des composants particuliers de l'eau au sein des bassins versants de Rudawa et Prawdnik.
3. La dégradation de la qualité des eaux souterraines, dans les années 1960—1990, a un caractère progressif. Les nitrates révèlent le mieux les transformations, et peuvent être utilisés comme traceurs naturels qui informent sur la propagation et la permanence de la pollution des eaux souterraines due à l'agriculture.
4. La dégradation du milieu karstique et de la qualité des eaux souterraines est le résultat de la migration verticale de la pollution anthropogénique de la surface du terrain. La pollution due à l'agriculture et à l'élevage est permanente, en raison du cycle agricole. La pollution issue des agglomérations urbaines et industrielles est fonction des conditions atmosphériques et évolue dans le temps.

5. Dans le région des bassins versants de Prądnik et Rudawa, il existe un important risque de la dégradation de la qualité des eaux souterraines, mais on observe un degré de pollution d'eau relativement bas, ce qui est dû au système extensif de l'agriculture. Cependant la pollution progressive de l'environnement peut entraîner la dégradation des eaux souterraines du réservoir principal, approvisionnant en eau toute la région étudiée.

La réalisation de ces recherches a demandé, en plus des méthodes traditionnelles, l'utilisation de méthodes spéciales de mesures. Le souhait de l'auteur était l'identification des composants déterminés à partir de la semi-microanalyse chimique quantitative des eaux karstiques. Premièrement, on a fait des désignations simples et rapides des propriétés physiques et chimiques des eaux et de leur composition macro-élémentaire, sur le terrain et en laboratoire. Ensuite, on a fait des prélèvements réguliers d'échantillons dans différents endroits pour les analyses des indices. On a également fait des analyses plus approfondies pour des groupes sélectionnés, comprenant 40 éléments de la composition chimique des eaux. Les recherches hydrochimiques avaient un caractère plus complexe ce qui a permis de comprendre le rapport entre les causes et les effets des phénomènes naturels dans la région karstique. La base de l'analyse du degré de la dégradation chimique des eaux était l'élaboration d'indicateurs convenables dans les eaux de la zone phréatique et également dans les eaux des grottes faisant partie de la zone vadose, ainsi que dans les eaux de surface drainant la région karstique. Les analyses des eaux, mis à part la composition macro-ionique, ont compris la détermination de la teneur en métaux, effectuée à partir de différentes méthodes. On a également analysé les concentrations de métaux lourds dans les sols, les dépôts de grottes et les dépôts fluviaux.

L'analyse des conditions très complexes de la circulation de l'eau dans le réservoir karstique fissuré et des menaces anthropogéniques a exigé la mise en oeuvre de méthodes de recherches spéciales. Ainsi, on a analysé: perméabilité des formations de recouvrement, temps du passage vertical de la pollution potentielle de la surface du terrain, temps de l'écoulement horizontal des eaux souterraines dans la nappe phréatique, compté à partir des limites de la région étudiée jusqu'aux zones de drainage. On a également fait des analyses au tritium, permettant de déterminer l'âge des eaux du réservoir, en tenant compte d'une «rétention temporaire» du tritium dans le système poreux, et du temps de la circulation de l'eau dans les systèmes karstiques fissurés.

L'interprétation des conditions hydrogéologiques et hydrogéochimiques, ainsi que le caractère d'aménagement de la région des bassins versants de Rudawa et Prądnik, révèle la menace de la pollution de l'aquifère du Jurassique supérieur. Le risque de la dégradation de la qualité des eaux implique la nécessité de la protection du milieu karstique. On propose de protéger une partie du Parc Naturel Jurassique des Vallées de Cracovie, notamment la zone alimentée en eau directement par l'aquifère. Le programme de la protection des eaux souterraines proposé comprend: la protection passive, l'analyse du dynamisme des phénomènes hydrochimiques et la protection active.

Pour la protection passive, on propose tout d'abord de réduire les projets de construction et d'aménagement du territoire. On propose également de modifier le système de recherches sur les eaux souterraines effectuées par les stations sanitaires et d'effectuer le monitoring des eaux souterraines et eaux de la zone d'aération conformément aux prescriptions de l'UNESCO et PIOS. Les actions menées dans le cadre de la protection active devraient comprendre: l'élimination ou la diminution des sources de pollution déjà existantes ainsi que l'amélioration de la qualité des eaux de surface.

Pour l'auteur, la région étudiée avait un caractère expérimental. Il a pu y tester l'impact de l'anthropo-pression sur le milieu karstique atypique. Les résultats des analyses peuvent aller plus loin et dépasser leur contexte local. Ils pourraient être mis en oeuvre dans d'autres régions karstiques soumises à l'anthropo-pression, par exemple sur tout le Plateau de Cracovie—Częstochowa et dans les régions avoisinantes, où le bassin du Jurassique supérieur reste en liaison hydraulique avec des couches aquifères du Triasique et du Crétacé.

Redaktor
Grażyna Wojdaba

Redaktor techniczny
Alicja Zajączkowska

Korektor
Włodzimierz Dobrzański

Copyright © 1996
by Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336
ISSN 0137-5482

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice

Wydanie I. Nakład: 500 + 50 egz. + 25 nadb. Ark. wyd. 9,5.
Ark. druk. 6,75. Oddano do składu we wrześniu 1996 r. Pożyczono
do druku w grudniu 1996 r. Papier offset. kl. III, 80 g, 70 × 100.
Zam. 461/96 Cena 5 zł

Drukarnia Uniwersytetu Śląskiego
ul. 3 Maja 12, 40-096 Katowice