

ANTONI KLECZKOWSKI, ZBIGNIEW WILK

WPŁYW WARUNKÓW STRUKTURALNYCH NA WODY
PODZIEMNE NA PRZYKŁADZIE POŁUDNIOWO-
-WSCHODNICH PERYFERII GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA
WĘGLOWEGO

(4 fig.)

*Influence of Structural Conditions upon Ground Water on the
Example of the South-East Periphery of the Upper Silesia Coal
Basin*

(4 Figs.)

Treść: Autorzy na podstawie kilkuletnich badań podają zwięzły opis warunków hydrogeologicznych obszaru, na którym planuje się zagospodarowanie niedawno zbadanych złóż węgla kamiennego. W badanym okręgu wyróżniono dwa rejony odznaczające się odmiennymi warunkami morfologicznymi, stratygrafią, budową strukturalną i składem chemicznym głębokich wód podziemnych. Zwrócono uwagę na różnice w warunkach wymiany wód podziemnych, z czym się wiąże odmienny przebieg zmian mineralizacji z głębokością, oraz na związek tektoniki z obrazem hydrochemicznym. Nawiązano do zawodnienia projektowanych na tym obszarze kopalń.

WSTĘP

Autorzy prowadzą w ramach prac Katedry Geologii Kopalnianej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie od 1961 r. badania nad wodami podziemnymi nowego okręgu górnictwa węglowego nad Wisłą. Oprócz obserwacji i badań Katedry Geologii Kopalnianej wykorzystano materiały przedsiębiorstw: Katowickie Przedsiębiorstwo Geologiczne i Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne Wrocław, wykonujących prace wiertnicze i dokumentacyjne. Były to profile wierceń, obserwacje w czasie próbnych pompowań i analizy chemiczne wód.

Postępami badań żywo interesował się prof. dr inż. R. K r a j e w s k i. Autorzy mieli możliwość przedyskutowania z nim szeregu problemów i dziękują za zachętę i pomoc.

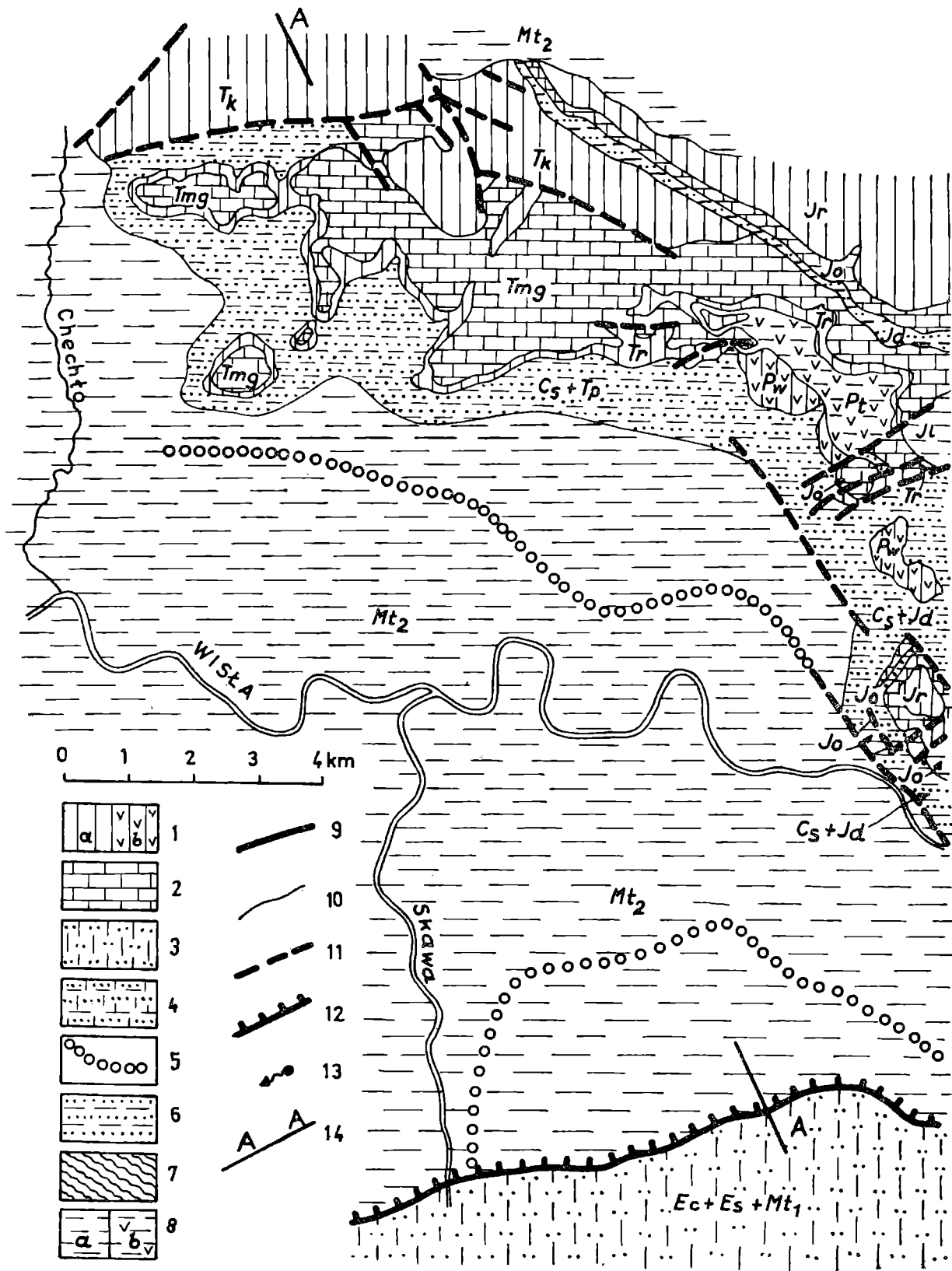
Ścisła współpraca łączyła Katedrę z Dyrekcją Jaworznicko-Mikołowskiego Zjednoczenia Przemysłu Węglowego. Autorzy pragną wyrazić swą wdzięczność za liczne informacje i ułatwienia Ministerstwu Górnictwa i Energetyki oraz Dyrekcji Zjednoczenia, a szczególnie Głównemu Mierniczemu mgrowi inż. E. S u k i e n n i k o w i oraz Kolegom mgrowi inż. F. S z y m c z y k o w i i inż. M. A d a m o w s k i e m u.

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ I WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Na badanym obszarze zaznaczają się wyraźnie dwa rejony odmienne tak pod względem rzeźby i krajobrazu, jak i budowy geologicznej oraz warunków hydrogeologicznych (fig. 1). Należą one do dużych jednostek

Fig. 1. Schematyczna mapa hydrogeologiczna odkryta. Oznaczenia hydrogeologiczno-litologiczne: 1 — skały zwarte, szczelinowate, silnie przepuszczalne: a — dolomity i wapień retu, dolomity kruszczońskie ($k = \text{ok. } 10^{-5} \text{ m/sek}$), wapień karchowickie, dolomity diploporowe, wapień skaliste rauraku; b — wulkanity permskie, porfiry i melafiry; 2 do 4 — skały zwarte słabiej przepuszczalne, 2 — zwarte szczelinowate: wapień gogolińskie, wapień i margle oksfordu; 3 — zwarte porowato-szczelinowate: piaskowce warstw łaziskich ($k = \text{ok. } 5 \times 10^{-7} \text{ do } 5 \times 10^{-6} \text{ m/sek}$), piaskowce ciężkowickie fliszu zewnętrznego Karpat; 4 — zwarte porowato-szczelinowate z wkładkami łupków: warstwy libiąskie (piaskowce libiąskie $k = \text{średnio } 7 \times 10^{-7} \text{ m/sek}$); 5 — skały luźne, porowate, silnie przepuszczalne, osady żwirowo-piaszczyste pradoliny Wisły, przybliżony zasięg występowania ($k = 2 \times 10^{-4} \text{ do } 8 \times 10^{-4} \text{ m/sek}$); 6 — kompleksy skał o zmiennej i bliżej nie określonej przepuszczalności: piaskowce, piaski i ropy stefanu (arkozy kwaczalskie — piaskowce stefanu $k = \text{średnio } 1,4 \times 10^{-5} \text{ m/sek}$), utwory facji przybrzeżnej jury środkowej, piaski i ropy niższego pstręgo piaskowca; 7—8 — kompleksy skał izolujących, 7 — ropy tortonu sfałdowanego; 8a — ropy i utwory piaszczyste tortonu nie sfałdowanego, łupki warstw orzeskich i brzeźnych, utwory lądowe środkowej jury, pstrę łupki fliszu zewnętrznego Karpat; 8b — tufy, tufity permskie; 9 — grubsze pokłady węgla; 10 — granice kompleksów skalnych; 11 — uskoki; 12 — nasunięcie karpackie; 13 — źródła; 14 — linia przekroju na mapie. Oznaczenia stratygraficzne: Q — czwartorzęd, utwory piaszczysto-żwirowe pradoliny Wisły; Miocen: Mt₂ — torton środkowy nie sfałdowany; Mt₁ — torton dolny sfałdowany; Eocen: Ec — piaskowce ciężkowickie fliszu zewnętrznego; Es — pstrę łupki fliszu zewnętrznego; Jura: Jr — raurak; Jo — oksford; Jd — dogger; Jl — lias; Trias: Tm — wapień muszlowy — wapień karchowickie i dolomity diploporowe; Tmk — wapień muszlowy — dolomity kruszczońskie; Tmg — wapień muszlowy — wapień gogolińskie; Tr — ret; Tp — pstry piaskowiec niższy; Perm: Pt — tufy; Pw — wulkanity; Karbon górny: Cs — stefan, arkozy i ropy kwaczalskie; Cl — warstwy libiąskie; Cł — warstwy łaziskie; Co, Cr, Cb — warstwy orzeskie, rudzkie i brzeźne

Fig. 1. Schematic solid hydrogeological map. Legend for lithological and hydrogeological notation: 1 — tough, fissured very permeable rocks: a — Rōthdolomites and limestones, ore-bearing dolomites ($k = \text{c. } 10^{-5} \text{ m/sec.}$), Karchowice limestones, Diplopora dolomites, Rauracian „rocky” limestones; b — Permian porphyries and melaphyres. 2—4 — tough, less permeable rocks; 2 — tough fissured rocks — Gogolin limestones, Oxfordian marls and limestones; 3 — tough fissured and porous rocks: sandstones of the Łaziska beds ($k = \text{c. } 5 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-6} \text{ m/sec.}$), Ciężkowice sandstones of the External Flysch (Carpathians); 4 — tough fissured and porous rocks with intercalations of shales: Libiąż beds (sandstones of the Libiąż beds $k = 2 \times 10^{-6} \text{ m/sec.}$ (average)); 5 — loose porous, very permeable rocks — gravels and sands of the Wisła Valley approximative limits of occurrence ($k = 2 \times 10^{-4} \text{ to } 8 \times 10^{-4} \text{ m/sec.}$); 6 — rock complexes with variable and vaguely determined permeability: Stephanian sandstones, sands and clays (Stephanian sandstones — Kwaczała arkose $k \text{ mean} = 10^{-5} \text{ m/sec.}$), sedimentary rocks of the littoral facies of the Middle Jurassic, sands and clays of the Lower Bunter. 7—8 impermeable rock complexes 7 — folded Tortonian — clays; 8a — not folded Tortonian clays, shales of the Orzesze beds and Marginal beds, continental deposits of the Lower Jurassic, variegated shales of the External Flysch (Carpathians); 8b — Permian tuffs and tuffites; 9 — thicker coal seams; 10 — boundaries of rock complexes; 11 — faults; 12 — Carpathian overthrust; 13 — springs; 14 — cross-section line. Stratigraphic notation: Quaternary: Q — sands and gravels of the Wisła Valley; Miocene: Mt₂ — Middle Tortonian not folded; Mt₁ — Lower Tortonian folded; Eocene: Es — variegated shales of the External Flysch; Ec — Ciężkowice sandstones of the External Flysch (Carpathians). Jurassic: Jr — Rauracian; Jo — Oxfordian; Jd — Dogger; Jl — Liassic; Triassic: Tm — Muschelkalk, Karchowice limestones and Diplopora dolomites, Tmk — Muschelkalk, ore-bearing dolomites; Tmg — Muschelkalk, Gogolin limestones; Tr — Rōth, Tp — Lower Bunter; Permian: Pt — tuffs, Pw — volcanites. Upper Carboniferous: Cs — Stephanian, Kwaczała arkose and clays, Cl — Libiąż beds, Cł — Łaziska beds, Co — Orzesze beds, Cr — Ruda beds, Cb — Marginal beds



morfologiczno-strukturalnych: kotliny oświęcimskiej (rejon południowy) i wyżyny śląsko-krakowskiej (rejon północny). Granicę między oboma rejonami stanowi na powierzchni wyraźny próg morfologiczny, a w podłożu strefa uskokowa o kierunku W-E na zachodzie, a NW-SE na wschodzie. Utwory karbonu w rejonie południowym są zrzucone w stosunku do rejonu północnego o około 150—370 m. Okręg górniczy nad Wisłą został rozpoznany głębokimi otworami wykonywanymi na początku XX wieku (R. Michael, 1912; M. Książkiewicz, 1932, 1951) i w czasie okupacji 1940—1944, a następnie robotami wiertniczymi w latach 1954—1964.

Rejon południowy

Rejon południowy leży w obrębie pradoliny Wisły na wysokości około 220 do 230 m n.p.m. i jest w większości płaski, a tylko ku południowi staje się pagórkowaty. Południowa część wzgórz osiagająca wysokość około 290 m n.p.m. należy pod względem geologicznym do Karpat fliszowych, nasuniętych z południa na podłoże karbońskie, a także na niższe ogniwa stratygraficzne osadów miocenu. Te ostatnie zostały silnie sfałdowane (M. Książkiewicz, 1951), (fig. 2).

Pod pokrywą utworów czwartorzędowych zwykle zbudowanych w stropie z osadów pylastych, a w spągu z piaszczysto-żwirowych o łącznej miąższości od 10 do 70 m leży kompleks ilasto-piaszczysty nie sfałdowanego tortonu. Osady tortońskie, wykształcone w facji szlirowej (S. Alexandrowicz, 1963), charakteryzują przeławicenia luźnych piasków lub piaskowców o różnej zwięzłości. W kompleksie o zmiennej miąższości sięgającej do 500 m, a nawet do 900 m na południu udział ilów jest taki, że stanowi on o nieprzepuszczalności utworów miocenijskich. Stwierdzone wierceniami minimalne miąższości utworów niewątpliwie izolujących wynoszą 25—50 m.

Osady stefanu, triasu i jury ułożone niezgodnie na węglonośnym karbonie zachowały się tylko w formie płatów, na które natrafiły niektóre wiercenia. Zwykle poniżej pokrywy miocenijskiej występuje bezpośrednio karbon produktywny, o urozmaiconej rzeźbie powierzchni i pocięty uskokami.

Karbon reprezentowany jest głównie przez piaskowcowe warstwy łaziskie. Warstwy libiąskie o większej miąższości występują w rejonie północnym. W południowym zostały częściowo ścięte przez erozję. Warstwy orzeskie i rudzkie są silnie zredukowane. Poglądy na stratyografię karbonu w tym rejonie nie zostały jeszcze ostatecznie ustalone (A. Jachowicz, 1960, 1962; S. Z. Stopa, 1962).

Utwory karbonu wykazują upad generalny 8—12° w kierunku NE, liczne uskoki przecinają górotwór w kierunku SE-NW i WNW-ESE. Zagadnienia tektoniki rejonu naświetlił S. Połtowicz (1961), który wyróżnił uskoki hercyńskie, hercyńskie odmłodzone i alpejskie. Deniwelacje powierzchni karbonu osiagają około 150 m w obrębie głównego bloku ograniczonego uskokami. Strop utworów węglonośnych leży tu bowiem na rzędnych od około 0 aż do około 150 m n.p.m. (fig. 2, 4).

Stosunki hydrogeologiczne rozpoznano osmioma specjalnymi wierceniami hydrogeologicznymi, w których przeprowadzono pomiary zwierciadła wody, próbne pompowania lub łyżkowania w każdym napotkanym poziomie wodonośnym oraz pobrano próby wody do analiz chemicznych. Wykorzystano również niektóre obserwacje z wierceń złożowych.

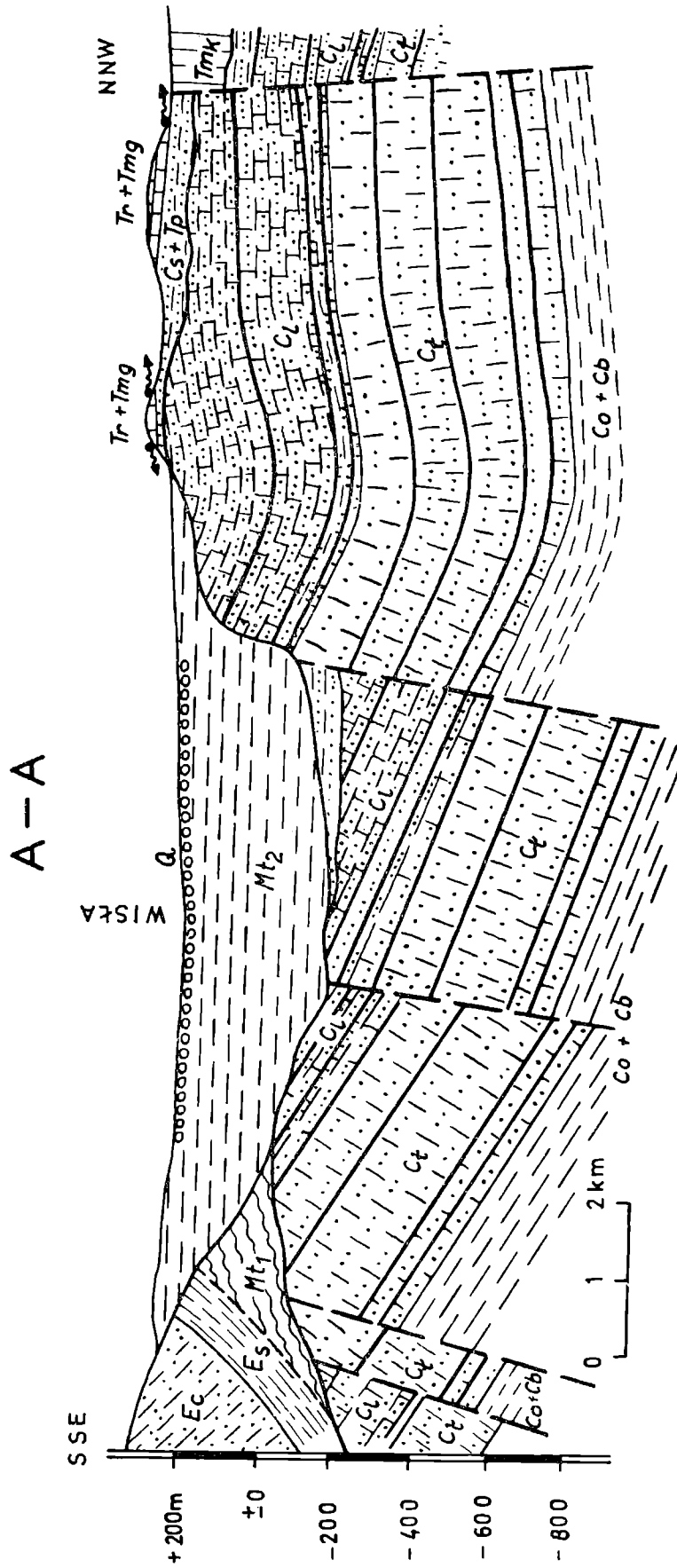


Fig. 2. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny. Objasnienia jak dla figury 1.
Fig. 2. Schematic hydrogeological cross-section. For explanations see Fig. 1.

Z badań hydrogeologicznych wynika, że najpoważniejsze znaczenie dla górnictwa będzie miał kompleks wodonośny porowatych, słabo zwięzłych i spękanych piaskowców łaziskich, podścielony łupkami warstw orzeskich, rudzkich i brzeźnych, a izolowany od wodonośnego czwartorzędu i wód powierzchniowych serią ilasto-piaszczystą tortonu. W jego obrębie zaznaczają się oddzielne poziomy wodonośne, zbudowane z pakietów piaskowców, izolowanych od siebie pokładami węgla i towarzyszącymi im wkładkami łupków. Współczynniki filtracji określone na podstawie próbnym pompowań mieszczą się w granicach od 5×10^{-7} m/sek do 7×10^{-6} m/sek. Do obliczeń hydrogeologicznych przyjęto średnią ważoną wielkość k równą około 2×10^{-6} m/sek. Badania laboratoryjne próbek rdzeniowych z kilku otworów wykazały, że porowatość całkowita piaskowców łaziskich ma wartość 15—25%, porowatość efektywna waha się w granicach 10—20%, a współczynnik odsączalności wynosi 5%.

Mniejsze znaczenie dla rejonu południowego ma piaskowcowo-łupkowy kompleks warstw libiąskich, ponieważ jego rozprzestrzenienie jest ograniczone, górna część kompleksu jest zwykle zredukowana przez erozję, a poza tym wykazuje on z reguły mniejszą wodonośność niż warstwy łaziskie.

Ze względu na odcięcie wód atmosferycznych i wyższych poziomów wodonośnych głównym źródłem dopływów do projektowanych kopalń byłyby wody zawarte w porach i szczelinach piaskowców karbońskich, tzw. zasoby statyczne, czyli wody śródskałne.

Poza kompleksem karbońskim, mającym zasadnicze znaczenie dla dopływu wód do wyrobisk eksploatacyjnych, występuje jeszcze nieciągły poziom w piaszczystych utworach tortonu oraz poziom czwartorzędowy w piaskach i żwirach pradoliny Wisły. Ten poziom pozostający w kontakcie z wodami powierzchniowymi Wisły, Skawy i innych mniejszych cieków będzie miał znaczenie ze względu na podtopienie terenów nisko położonych. Z uwagi na kurzawkowe piaski trzeciorzędowe zajdzie konieczność zastosowania specjalnych metod budowy szybów w miocenie. Zjawiska kurzawkowe a także zwiększone dopływy do szybów będą możliwe także w strefie stropowej piaszczystych utworów karbońskich wykazujących szczególnie małą zwięzłość, dużą porowatość i wysokie współczynniki filtracji. I tak w kilku profilach stwierdzono, że stropowe piaskowce karbońskie mają współczynniki filtracji 5 do 10 razy wyższe niż niżej leżące.

Rejon północny

Rejon północny cechują warunki geologiczne odmienne od opisanych w rejonie południowym. Pod względem morfologicznym wznosi się on na wysokości od 250 do 400 m n.p.m. Leży więc ponad doliną Wisły i stanowi urozmaicony krajobrazowo obszar wyżynny.

Osady czwartorzędowe, przeważnie lessy, a częściowo piaski tworzą cienką i nieciągłą pokrywę na płytowo ułożonych utworach triasu i jury. W obrębie osadów mezozoicznych ilościowo przeważają szczelinowate skały węglanowe, choć nie brak również nieprzepuszczalnych osadów ilastych, szczególnie w spągu serii.

Płyta mezozoiczna pocięta jest licznymi uskokami i częściowo zerodowana. Dzięki temu na powierzchni ukazują się podścielające ją starsze utwory paleozoiczne. Najmłodsze ich ogniwo stanowią osady piaszczysto-ilaste bez pokładów węgla, tzw. arkozy i ily kwaczalskie nieproduktyw-

ne, uważane przez S. Siedleckiego (1958) za najwyższe piętro karbonu, czyli stefan. Miąższość arkoz zmienia się w szerokich granicach od 0—350 m. Kompleks jest przeważnie piaszczysty. Udział ilów i łupków waha się od 6—80 m.

Na wschodnich peryferiach rejonu pojawiają się także młodsze utwory wulkaniczne wieku permskiego: porfiry i melafiry oraz związane z nimi genetycznie tufy i tufity.

Kopalnie miałyby eksploatować pokłady należące do warstw libiąskich i łaziskich (grupa 100 i 200). Pokłady warstw libiąskich grupy 100, grubości od 1—2 m osiągają sumaryczną miąższość około 10 m, pokłady warstw łaziskich dochodzą do grubości kilku metrów, a ich łączna miąższość wynosi do 17 m. W najwyższych ogniwach karbonu węglonośnego, a więc w obrębie warstw łaziskich i libiąskich przeważają piaskowce. Podścielające je warstwy orzeskie i niższe są wykształcone przeważnie jako łupki.

Strop warstw libiąskich wykazuje deniwelacje osiągające ponad 300 m (od 65 m n.p.m. do 258 m n.p.m.). W poszczególnych blokach tektonicznych o szerokości od 600—2000 m te deniwelacje wynoszą 50—150 m. Maksymalną różnicę poziomów stwierdzono w środkowej części obszaru: w rozdzielonych uskokiem blokach nawiercono w odległości około 500 m warstwy libiąskie na poziomie około 215 m n.p.m. i około 65 m poniżej p.m., co daje różnicę 280 m.

Utwory karbonu wykazują upad ku NE, ENE i E pod kątem 3—8°, bieg warstw NW—SE w części wschodniej i niemal N—S w części zachodniej. Uskoki przecinające złoże biegną w dwu głównych kierunkach: zbliżonym do równoleżnikowego i zbliżonym do południkowego. Większe amplitudy wykazują uskoki południkowe. Utwory karbonu przecięte są nimi na poszczególne bloki szerokości 600—2000 m. Bloki opadają schodowo od wschodu ku zachodowi, amplitudy uskoków wynoszą od około 50 do około 300 m.

Generalnie biorąc istnieją w rejonie północnym dwa kompleksy wodonośne: karboński w piaskowcach stefañskich, libiąskich i łaziskich oraz mezozoiczny w szczelinowatych wapieniach i dolomitach triasu i wapieniach jury. Kompleks wodonośny karboński jest podścielony — podobnie jak i w rejonie południowym — nieprzepuszczalnymi utworami łupkowymi. W stropie karbonu leżą płatami osady ilaste triasu i jury, podścielające wodonośne warstwy należące do wyższej części tych ogniw stratygraficznych. W zachodniej części rejonu wapienno-dolomityczne utwory triasu osiągają maksymalnie miąższość około 70 m i często nie są podścielone utworami izolującymi niższego pstręgo piaskowca.

Wodonośny kompleks karboński został zbadany pod względem hydrogeologicznym za pomocą dwu otworów udarowych, a uzupełniających danych dostarczyły obrotowe otwory złożowe. Jak wynika z próbnych pompowań, współczynnik filtracji k piaskowców karbonu węglonośnego w tym rejonie wynosi 1×10^{-7} do 2×10^{-6} m/sek. Do obliczeń przyjęto uśrednioną wielkość współczynnika k równą 9×10^{-7} m/sek. Porowatość efektywna piaskowców warstw libiąskich wynosi 12—27%, średnio 19%, warstw łaziskich 4—22%, średnio 15%.

Badania polowe wykazały, że piaskowce arkozowe leżące nad warstwami libiąskimi a zaliczane do stefanu odznaczają się wysokimi współczynnikami filtracji średnio około $1,4 \times 10^{-4}$ m/sek.; ich porowatość efektywna waha się w granicach 12—28%, średnio wynosi 22%.

Wielkości współczynnika filtracji są więc znacznie wyższe niż wyznaczone w tym samym rejonie i tymi samymi metodami dla stropowej części warstw libiąskich (ok. $2,0 \times 10^{-6}$ m/sek). Współczynniki filtracji piaskowców stefanu na badanym obszarze są wyższe niż na terenach dotychczas poznanych. Dlatego kompleks tych utworów nie będzie odgrywał przypuszczalnie roli półizolującej pokrywy, jak to można było sądzić na podstawie analogii z innymi polami kopalnianymi. Tę rolę będzie natomiast spełniać w pewnej mierze najwyższa część warstw libiąskich z uwagi na obecność wkładek ilastych o miąższości 10—20 m.

Porównanie warunków hydrogeologicznych rejonów — południowego i północnego

Wydzielone rejony wykazują zarówno podobieństwa, jak i różnice. W jednym i drugim kompleksy wodonośnych piaskowców karbońskich są pod względem wodoprzepuszczalności podobne, choć w rejonie północnym zaznacza się większy udział słabiej przepuszczalnych warstw libiąskich.

W rejonie południowym utwory karbońskie są izolowane od powierzchni grubą pokrywą ilów mioceńskich, a tylko na ograniczonym obszarze (fig. 2, 4) miąższość ilów izolujących jest znacznie zredukowana.

Na północy istnieją znacznie lepsze warunki dla wymiany wód z kilku powodów. Piaskowcowe utwory karbonu produktywnego leżą wyżej i bliżej powierzchni. Strop karbonu węglonośnego, a więc warstw libiąskich lub łaziskich występuje w rejonie południowym tylko wyjątkowo w jednym miejscu na wysokości 100 do 150 m npm., w rejonie północnym zaś leży z reguły na rzędnych od 100 do 200 m npm., a tylko wyjątkowo na niewielkich obszarach obniża się do zera lub 50 m npm. Niekiedy warstwy libiąskie występują wprost pod utworami czwartorzędowymi i nie są pokryte ani arkozami, ani innymi osadami. Kompleks osadów stefanu zbudowany w przewodzie z wodoprzepuszczalnych piaskowców arkozoowych nie tworzy pokrywy wodoszczelnej. W rejonie północnym istnieją ponadto lepsze warunki dla ewentualnego dopływu bocznego wód spoza obszaru rozpatrywanych pól górniczych.

Poziom karboński w rejonie południowym jest w znacznej mierze izolowany od wymiany wód, natomiast w rejonie północnym istnieją warunki dla przenikania wód z powierzchni i sąsiadujących obszarów. Bardzo znaczne różnice, istniejące między dwoma rejonami pod względem możliwości wymiany wód są zmniejszone wskutek obecności wkładek ilastych miąższości 10—26 m występujących w górnej części warstw libiąskich.

Dopływy do kopalń

Jednym z najważniejszych zadań prac hydrogeologicznych prowadzonych na opisywanym obszarze było uzyskanie wyczerpujących i pewnych danych wyjściowych dla opracowania prognozy zawodnienia kopalń, które będą tutaj w przyszłości budowane.

Ustalenie dopływów do pól kopalnianych jest zadaniem bardzo złożonym, a metodyka rozwiązywania tego problemu jest jeszcze bardzo daleka od doskonałości. Przyczyną tego jest fakt, że dopływy do kopalń są funkcją wielu zmiennych, składających się na warunki naturalne i parametry techniczne kopalni oraz wypadkową rozmaitych procesów, takich

jak stałe przesuwanie się konturów wyrobisk, zmiany głębokości eksploatacji, zmiany własności górotworu pod wpływem eksploatacji i osuszania skał i inne. W związku z tym dopływ do kopalni ma charakter ruchu nieustalonego.

Ocenę wielkości dopływów do pól kopalnianych obu rejonów, południowego i północnego, przeprowadzono wielostronnie. Zastosowano mianowicie ogólnie u nas przyjęte metody obliczeń: metodę wzorów hydrodynamicznych (wzór na tzw. „wielką studnię” i wzór uzyskany na podstawie modelowania elektrycznego tzw. wzór EGDA), metodę analogii hydrogeologicznych i metodę bilansu wodnego, a oprócz tego zaproponowaną przez Z. Wilka (1963, 1964) metodę „linii trendu”. Nazwa pochodzi stąd, że prognoza dopływów do kopalni podana jest w postaci linii charakteryzującej ogólną tendencję (trend) wielkości dopływów przeciętnych, wokół których mogą oscylować dopływy chwilowe.

Każda z wymienionych metod może być zastosowana z dobrym rezultatem jedynie przy określonym zespole cech hydrogeologicznych, charakteryzujących projektowaną kopalnię.

Zasadniczą rolę w metodzie wzorów hydrogeologicznych odgrywa współczynnik filtracji, który przy obecnej technice i metodyce badań obciążony jest bardzo dużym błędem. Błąd ten przenosi się w całości na otrzymane wyniki, tzn. na wielkość szacowanych dopływów.

Metoda bilansu wodnego znajduje najpełniejsze zastosowanie wówczas, gdy głównym źródłem zasilania kopalni są opady atmosferyczne i ewentualnie zasoby statyczne, choć dopływ z tych ostatnich jest trudny do ustalenia. Metoda ta wymaga ustalenia współczynnika odsączalności, określono go na podstawie badań laboratoryjnych prób piaskowców pobranych w wyrobiskach kopalnianych ustalając wartość średnią 0,05.

Zasadniczą trudność na drodze zastosowania metody analogii hydrogeologicznej w przypadku kopalń nadwiślańskich stanowi fakt, że na terenie Zagłębia Górnośląskiego nie ma kopalń, które by znajdowały się w analogicznych warunkach hydrogeologicznych. Np. jeśli chodzi o rejon południowy, to stwierdzić należy, że żadna z kopalń nie eksploatuje pokładów węgla leżących w obrębie dobrze przepuszczalnych spękanych serii piaskowcowych, które są równocześnie izolowane od infiltracji opadów i wód powierzchniowych. Również pod względem rozmiarów powierzchni eksploatacyjnej oraz wielkości produkcji projektowane kopalnie odbiegać będą od kopalń istniejących.

Metoda „linii trendu” jest oryginalną wersją metody analogii hydrogeologicznej. Opiera się ona na statystycznej analizie zmian wielkości dopływów w zależności od zmian głębokości i skumulowanej powierzchni wyeksploatowanej, rozpatrywanych w okresie wieloletnim (przez skumulowaną powierzchnię eksploataowaną rozumie się całkowitą powierzchnię wyeksploatowaną w kopalni do pewnego momentu we wszystkich pokładach łącznie). Metoda została opracowana na razie dla kilku kopalń eksploatujących warstwy łaziskie i libiąskie (Z. Wilk, 1963, 1964). Stwierdzono mianowicie, że pomiędzy dopływem do kilku kopalń eksploatujących tę serię a ich głębokością i skumulowaną powierzchnią wyeksploatowaną zachodzi krzywoliniowy związek korelacyjny, który da się z wystarczającą dla praktyki dokładnością ująć w postać empirycznego wzoru o charakterze równania potęgowego. W równaniu tym obok zmiennej niezależnej, którą jest iloczyn skumulowanej powierzchni wyeksploatowanej wyrażonej w km^2 , oraz jej średniej ważonej głębokości

wyrażonej w km występują dwa dalsze parametry. Wpływają one na wielkość otrzymanych z obliczeń dopływów kopalnianych, a zależą w decydującej mierze od warunków geologiczno-strukturalnych. Pierwszy z nich uwzględnia przede wszystkim dopływy z zasobów dynamicznych i pozostaje w zależności m. in. od rzeźby terenu i przepuszczalności nadkładu, występującego ponad utworami karbonu. Ten parametr można wyznaczyć na podstawie bilansu wodnego. Natomiast drugi zależy od własności hydrogeologicznych serii karbońskiej (porowatość, odsączalność i szczelinowatość piaskowców, udział łupków w profilu) oraz od tempa eksploatacji wyrażonego rocznym przyrostem skumulowanej wyeksploatowanej powierzchni. Zależność tę ustalono graficznie.

Jako podstawę do obliczeń przyjęto te same dane wyjściowe dla wszystkich metod i obu rejonów, a mianowicie: kopalnia w pełni rozwoju po upływie kilku lat od uruchomienia, eksploatująca złoża na dwu poziomach wydobywczych. W zależności od przyjętej metody otrzymano wyniki różniące się w skrajnych wypadkach blisko sześciokrotnie.

Na podstawie krytycznej analizy autorzy uważają, że metoda linii trendu i metoda analogii najlepiej odzwierciedlają spodziewane dopływy do kopalń. Metoda linii trendu opiera się w najwyższym stopniu na wielkości faktycznych dopływów do kopalń pracujących w sąsiednim rejonie w zbliżonych warunkach. Stosując tę metodę obliczono dopływy do kopalni w rejonie północnym na około 28 m³/min, w rejonie południowym zaś na około 17 m³/min, kopalnie będą więc należały do średnio zawodnionych, o wskaźniku zawodnienia 1,7 do 2,4 m/t (W. Marchacz, L. Stolarzewicz, 1960; Z. Wilk, 1960). Na różnicę wpływają warunki strukturalne omówione uprzednio, a przede wszystkim charakter litologiczny nadkładu karbonu i jego miąższość, położenie wysokościowe stropu karbonu a także przepuszczalność samych warstw karbońskich.

CHEMIZM WÓD KARBOŃSKICH

Na podstawie analiz chemicznych wód pochodzących z różnych głębokości ustalono, że w obu rejonach: południowym i północnym, należy się liczyć w obrębie zasięgu głębokościowego eksploatacji, a więc do około 700 m z występowaniem wód o wysokiej mineralizacji.

Wzrost zasolenia wód z głębokością kształtuje się jednak odmiennie w obu wydzielonych rejonach (fig. 3). Mniejsze, choć wyraźne różnice zaznaczają się w poszczególnych częściach rejonów. Są one przypuszczalnie uzależnione od lokalnych warunków litologiczno-strukturalnych.

Rejon południowy został rozpoznany pod względem hydrochemicznym lepiej niż rejon północny. Oprócz pobierania prób wody z niektórych wierceń złożowych przebadano dokładniej profil hydrochemiczny w sześciu punktach. Pięć otworów zlokalizowano na powierzchni niespełna 10 km². Rzadko uzyskuje się tak dobre rozpoznanie chemizmu wód na niewielkim obszarze i do dużych głębokości. Uzyskane wyniki należałoby przeto uogólnić i podjąć próbę zastosowania rezultatów badań do interpretacji warunków hydrochemicznych na innych terenach.

Dokładniej rozpoznano strefę do głębokości 500 m, a tylko jedno wiercenie zostało opróbowane do głębokości 700 m. Należy zaznaczyć, że lepszy stopień rozpoznania tego rejonu związany jest również z szybkim wzrostem mineralizacji wód z głębokością. Dzięki temu można uzyskać ważne wskazówki co do zmian chemizmu także na podstawie otwo-

rów złożowych, z których próby wody do analizy pobiera się z niewielkiej głębokości około 150—200 m. W wypadku powolnego wzrostu mineralizacji analizy z takiej głębokości nie dają prawie żadnych wskazówek co do zasolenia wód, jak to wynika np. z krzywych N-1 i N-2 na figurze 3.

W rejonie południowym wzrost zasolenia z głębokością następuje bardzo szybko, mineralizacja wód w obrębie piaskowców karbońskich na głębokości 150—200 m sięga kilkunastu do dwudziestu gramów na litr.

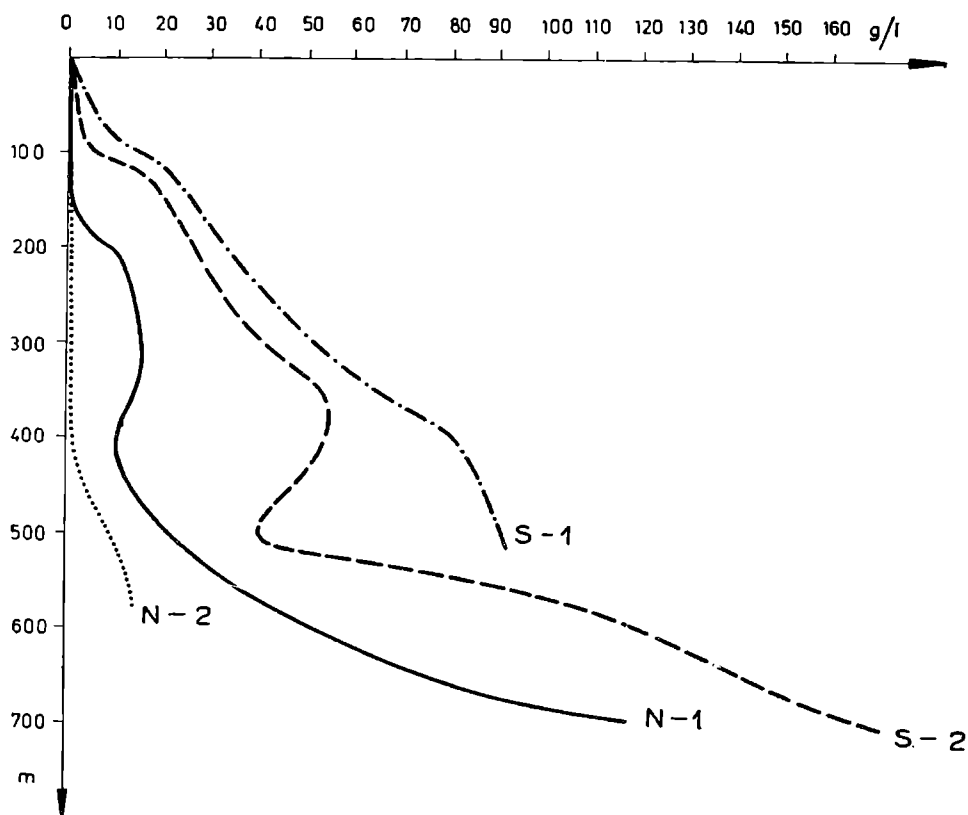


Fig. 3. Wzrost mineralizacji z głębokością. S-1 w rejonie południowym przy dużej miąższości pokrywy izolującej; S-2 w rejonie południowym przy małej miąższości pokrywy izolującej i na elewacji stropu karbonu; N-1 w rejonie północnym, blok tektoniczny w partii wschodniej; N-2 w rejonie północnym, blok tektoniczny w partii zachodniej

Fig. 3. Increase of mineralization with increasing depth. S-1 — in the southern region at large thickness of the impermeable cover; S-2 in the southern region at small thickness of the impermeable cover and on elevations of the top of the Carboniferous; N-1 in the northern region, eastern tectonic block; N-2 in the northern region, western tectonic block

Dalszy przebieg wzrostu zasolenia do głębokości 500 m, a szczególnie w interwale 350—500 m różnicuje się na dwa typy (S-1 i S-2 na figurze 3).

Pierwszy typ odznacza się szybkim wzrostem zasolenia wód: wartość suchej pozostałości na głębokości 500 m sięga do 90 g/l, co oznacza, że gradient wzrostu mineralizacji wynosi 20 g/l na każde 100 m.

W drugim typie wartość suchej pozostałości osiąga 50—60 g/l na głębokości około 400 m, a więc mineralizacja wzrasta o około 13 g/l na każde 100 m. Na głębokości około 500 m następuje wyraźne obniżenie mineralizacji wód (sucha pozostałość 35—40 g/l).

Wolniejszy wzrost zasolenia (*S-2*) związany jest z tą częścią rejonu południowego, w której zaznaczają się specyficzne warunki strukturalne. Istnieje bowiem wyraźna elewacja utworów karbońskich, strop karbonu wznosi się na wysokość ponad 100 m n.p.m. do 150 m n.p.m., a obniża się szybko przede wszystkim ku południowi o około 150 m, a także w kierunku północnym (fig. 4).

Na elewacji karbonu i w jej sąsiedztwie miąższość osadów izolujących (iłów) w miocenie wynosi przeważnie 25—50 m, a na mniejszym obszarze 50—100 m. Natomiast w wierceniach na pozostałym terenie osady izolujące mają grubość stu kilkudziesięciu metrów.

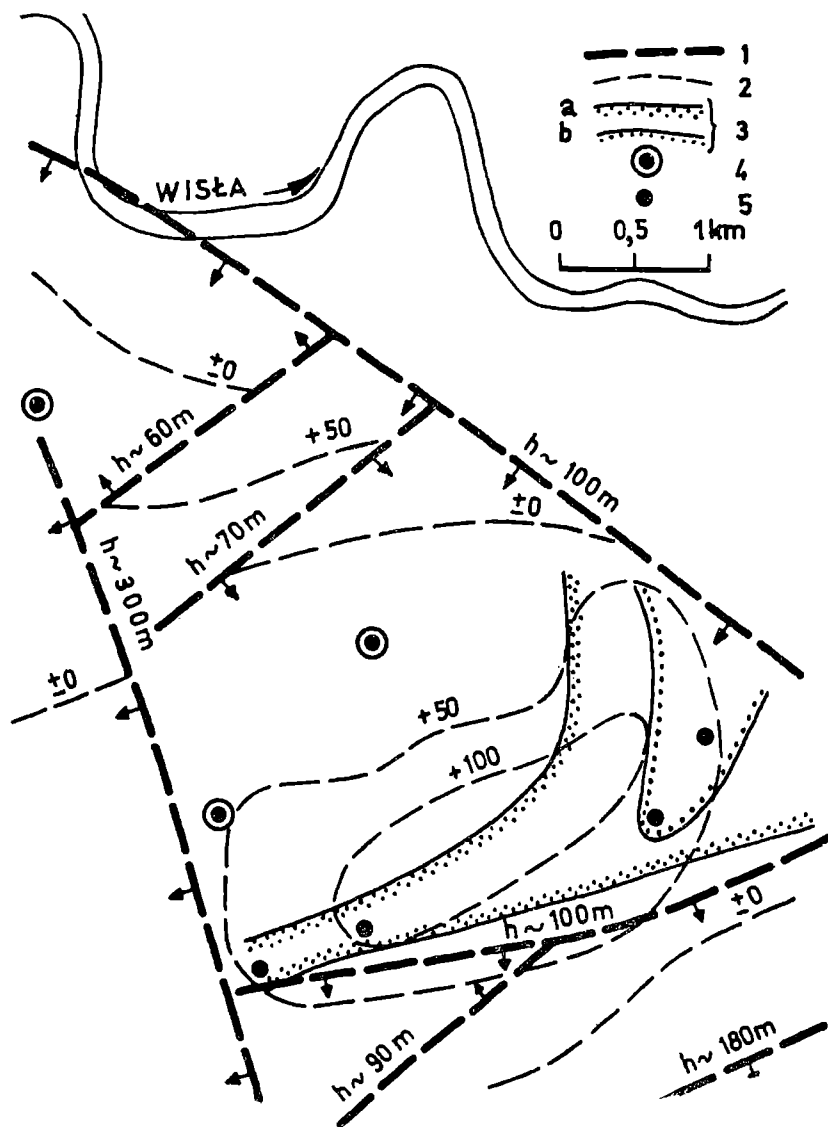


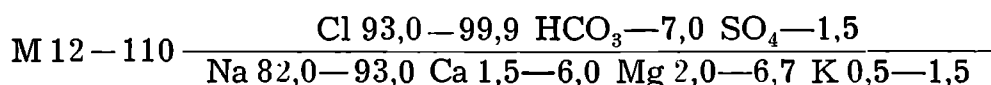
Fig. 4. Przykład zależności wzrostu mineralizacji wód od czynników strukturalnych. 1 — uskoki; 2 — warstwyce stropu karbonu; 3 — obszar, w którym pokrywa izolująca strop karbonu ma małą miąższość: a — do 50 m, b — 50 do 100 m; 4 — punkty, w których stwierdzono szybki wzrost mineralizacji wody z głębokością (krzywa *S-1*, fig. 3.); 5 — punkty, w których stwierdzono wolniejszy wzrost mineralizacji wody z głębokością (krzywa *S-2*, fig. 3.)

Fig. 4. Example of dependence of increase of mineralization on structural elements. 1 — faults; 2 — contour lines of top of Carboniferous; 3 — area with small thickness of impermeable cover above the Carboniferous: a — up to 50 m, b — 50—100 m; 4 — points at which a rapid increase of mineralization with increasing depth has been stated (curve *S-1*, Fig. 3.) 5 — points at which a slower increase of mineralization with increasing depth has been stated (curve *S-2*, fig. 3)

W przedziale głębokości 500 do 700 m wzrost zasolenia następuje jeszcze szybciej niż w wyższej części profilu. W jednym profilu hydrochemicznym do tej głębokości mineralizacja powiększa się na odcinku głębokości 500—700 m z 40 g/l do około 150 g/l, a więc gradient wzrostu zasolenia wynosi około 50 g/l na 100 m.

Wody o wysokiej mineralizacji mają charakter wybitnie chlorkowy (Cl stanowi 96—99,9% anionów), udział siarczanów jest zupełnie podrzędny. Średni stosunek $\text{SO}_4 : \text{Cl}$ jest równy 1 : 200, a tylko na największych głębokościach (630—700 m), względny udział siarczanów wzrasta do tego stopnia, że stosunek $\text{SO}_4 : \text{Cl} = 1 : 40$.

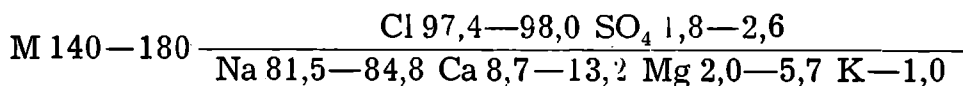
Przeciętny skład chemiczny karbońskich wód słonych i solanek, zobrazowany za pomocą wzoru Kurłowa, przedstawia się następująco:



Wody o mineralizacji około 100 g/l są szczególnie bogate w jod i zawierają go około 40—65 mg/l, więcej niż solanki o stężeniu 140—180 g/l, występujące w niżej leżącej strefie głębokościowej. Solanki, a więc wody o mineralizacji powyżej 50 g/l zawierają mikroelementy w następujących ilościach:

J	16,5— 65 mg/l
Br	7 —140 mg/l
F	do 6 mg/l
B	4 — 6 mg/l
Sr	do 45 mg/l

Najsilniej zmineralizowane wody, występujące na głębokości około 630—700 m, można scharakteryzować następująco:

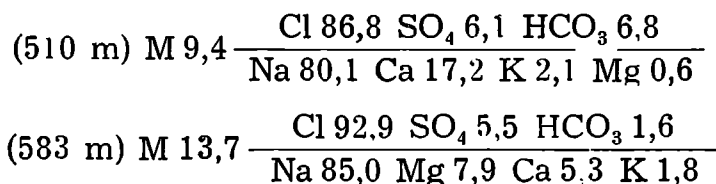


Zawartość mikroelementów wynosi w mg/l:

Br	60 —180
J	23 — 32
Sr	do 43
F	6,5— 8
B	3 — 5,2

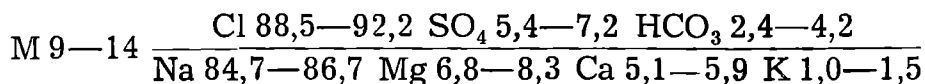
Wody napotkane na dużych głębokościach w rejonie południowym są więc wysoko zmineralizowanymi solankami bromo-jodowymi.

W rejonie północnym zasolenie do głębokości około 450 m zwiększa się znacznie wolniej niż w rejonie południowym. Oba przebadane profile wykazują szybszy wzrost mineralizacji dopiero od głębokości około 450 m. W profilu położonym w zachodniej części rejonu (N-2 na figurze 3) aż do głębokości 450 m występują wody słodkie, a dopiero poniżej wody słone o następującym składzie:



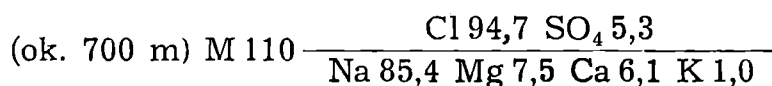
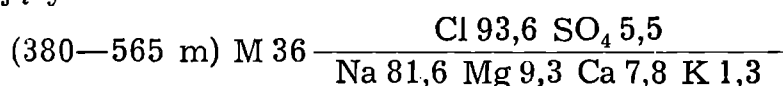
Według wstępnej interpretacji badań geofizycznych na otworach złożowych w przedziale głębokości 500—900 m mineralizacja wód może tu osiągnąć od 25 do 40 g/l.

Inaczej przedstawia się profil hydrochemiczny *N-1* otworu położonego około 4 km w kierunku ESE od *N-2*. Wzrost mineralizacji do około 10—20 g/l zaznacza się tu już w przedziale głębokości 200—400 m, a szybko wzrasta zasolenie wód od około 400 m. Mineralizacja na głębokości około 700 m sięga do 110 g/l, zaś według wstępnych ocen geofizyki nawet do 200 g/l. Wody o mineralizacji 10—14 g/l, występujące w przedziale głębokości 200—400 m, można scharakteryzować wzorem:



Są one pod względem mineralizacji i składu chemicznego bardzo podobne do wód występujących na głębokości 500—600 m w zachodniej części rejonu.

Poniżej głębokości 450 m wzrost mineralizacji w profilu hydrochemicznym *N-1* jest szybki. Występujące tu wody można scharakteryzować następującymi wzorami:



Mikroelementy w rejonie północnym występują w innych ilościach niż w wodach rejonu południowego, w profilu *N-2* brak J, Br 15—40 mg/l, F poniżej 1 mg/l, B 4,6—7,2 mg/l, brak Sr. W porównaniu z rejonem południowym i wodami o takiej samej koncentracji zaznacza się duża ilość Br. Brom w ilościach około 40—50 mg/l występuje tam bowiem dopiero w wodach o mineralizacji około 30 g/l, a więc o stężeniu trzykrotnie większym, a kiedy indziej dopiero przy mineralizacji 100 g/l. W wodach o takiej samej mineralizacji w zbadanym pod względem hydrochemicznym otworze leżącym bardziej na wschodzie (krzywa *N-1*) ilość mikroelementów jest znacznie niższa: Br około 16 mg/l, B do 1 mg/l.

Analiza wyników, nie zakończonych jeszcze badań, pozwala na stwierdzenie w rejonie północnym strefowości chemicznej związanej wyraźnie z tektoniką. Chemizm wód karbońskich kształtuje się przypuszczalnie odmiennie w poszczególnych blokach tektonicznych, oddzielonych od siebie uskokami o kierunkach zbliżonych do S-N. Zróznicowane hydrochemicznie bloki są przedzielone uskokami o amplitudach 100—200 m. Postępując od położonej na zachodzie czynnej kopalni *J* ku wschodowi, mamy do czynienia z coraz bardziej wyniesionymi ku górze partiami karbonu. Na podstawie kilku profili hydrochemicznych stwierdzono, że wyraźny wzrost mineralizacji następuje w zachodnich blokach na dużej głębokości, a postępując ku wschodowi na głębokościach znacznie mniejszych. Istniejąca pierwotnie strefowość hydrochemiczna była zapewne regularna i strefy o tej samej mineralizacji układały się poziomo i równolegle. Dopiero późniejsze ruchy tektoniczne powodujące rozpadnięcie się górotworu karbońskiego na poszczególne bloki spowodowały przerwanie ciągłości stref hydrochemicznych i wyniesienie ku górze stref głębszych z silniej zmineralizowanymi wodami. Procesy krążenia wód i ich wy-

miany w obrębie górotworu nie zdołały jeszcze w zasadniczy sposób zmienić tak powstałego układu.

Oprócz tej blokowej strefowości, w której zmiany zaznaczają się od zachodu ku wschodowi, istnieje także strefowość hydrochemiczna, którą można obserwować w poszczególnych blokach południowych. Wyraża się ona tym, że na południu w każdym z bloków występują wody o podwyższonej mineralizacji sięgającej do 26 g/l już na niewielkiej głębokości około 100—170 m. W kierunku północnym granica mineralizacji około 1 g przesuwają się w każdym z bloków dość szybko znacznie w głąb. Na przykład w jednym z bloków na głębokości 130—170 m napotkano wody o mineralizacji 20—26 g/l, a już jeden kilometr ku północy wody słodkie do 1 g/l sięgały do 200 m w głąb. Wody o mineralizacji ponad 20 g/l zostały stwierdzone dopiero od 400 m. Na podstawie dotychczasowych spostrzeżeń granica pomiędzy wodami o podwyższonej i niskiej mineralizacji występuje w blokach zachodnich dalej na północy, a w blokach wschodnich przesuwa się ku południowi. Z uwagi na wymienioną na początku prawidłowość hydrochemiczną, w blokach tektonicznych zachodnich przejście od wód zmineralizowanych do słodkich w kierunku południe-północ jest szybsze niż w blokach wschodnich.

Strefa wód o wysokiej mineralizacji, napotkanych na niewielkiej głębokości w południowych częściach bloków rejonu północnego, występuje wzdłuż uskoku stanowiącego granicę z rejonem południowym. Wody są jednak pod względem składu chemicznego odmienne od wód rejonu południowego. Odznaczają się bowiem dość wysoką zawartością SO_4 (do 7% całości anionów), stosunek $\text{SO}_4 : \text{Cl} = 1 : 14$. O jeden kilometr ku północy na tej samej głębokości występują wody o mineralizacji poniżej 1 g/l, które sięgają do głębokości prawie 200 m (krzywa N-1, fig. 3).

Na opisany układ stref hydrochemicznych w rejonie północnym wpłynęły być może czynniki paleogeograficzne, a więc dawny zasięg morza miocenckiego lub jego osadów, czynniki strukturalne, a więc tektoniczne podnoszenie się lub obniżanie poszczególnych partii terenu, wreszcie miąższość arkoz, które okazały się na badanym terenie kompleksem o dość dużej przepuszczalności.

PROGNOZA ZRZUTU SOLI

Ze względów praktycznych ważną rolę odgrywa prognoza zrzutu soli zawartych w odpompowywanych na powierzchnię wodach dołowych. Aby naświetlić to zagadnienie, ułożono tabelę 1, w której zawarto najważniejsze dane liczbowe. Rozpatrywano oba rejony — południowy i północny, biorąc pod uwagę modelowe kopalnie zespołowe o takiej samej głębokości, osiagające po sześciu latach eksploatacji wydobyć około 15 000 t/24 h.

Wody obu rejonów różnią się nie tylko co do stopnia mineralizacji, lecz także innymi cechami, np. stosunkiem głównych anionów Cl i SO_4 . W rejonie południowym zawartość SO_4 jest zupełnie znikoma poza strefą głębokościową 630—700 m, w rejonie północnym udział tego anionu jest znaczny. Porównując analizy wód o tej samej mineralizacji stwierdzić można duże różnice:

mineralizacja	około 100 g/l
rejon północny	średnio $\text{SO}_4 : \text{Cl} = 1 : 18$
rejon południowy	$\text{SO}_4 : \text{Cl} =$ od 1 : 275 do 1 : 2500

Tabela 1
Przewidywane zrzuty soli z kopalń modelowych
o jednakowych parametrach technicznych w rejonie południowym i północnym

Poziom eksploatacyjny	Wydobycie t/24h		Dopływ wody Q w m ³ /min		Zasolenie wody kg/m ³		Zrzut Cl+SO ₄ kg/m ³		Stosunek SO ₄ : Cl		Zrzut Cl+SO ₄ t/24h	
	Rejon		Rejon		Rejon		Rejon		Rejon		Rejon	
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N
350 m	—	5000	—	7,2	—	3	—	1,8	—	1 : 4,6	—	19,4
500 m	5000	5000	6,8	8,5	40	10	25,1	6,0	1 : 250	1 : 9	245	73,4
700 m	10000	5000	10,5	9,0	140	25	75,5	15,0	1 : 150 [*])	1 : 16	1141	194,4
Sumarycznie	15000	15000	17,3	25,0							1386	287,2

* 630 do 700 m = 1 : 40

mineralizacja około 10—13 g/l

rejon północny $\text{SO}_4 : \text{Cl} = 1 : 14, 1 : 17$

rejon południowy $\text{SO}_4 : \text{Cl} = 1 : 200, 1 : 1000$

Przypuszczalny dobowy zrzut soli przeliczony na jedną kopalnię modelową będzie bardzo wysoki, szczególnie dotyczy to rejonu południowego. Zrzut soli ustalony dla warunków średnich byłby tu przypuszczalnie aż około pięciokrotnie wyższy niż z rejonu północnego.

Ze względu na stwierdzoną strefowość hydrochemiczną zarówno w rejonie południowym jak i północnym należałoby dążyć do projektowania eksploatacji w pierwszym rzędzie na terenach o mniejszym zasoleniu. W rejonie południowym można by w pewnym stopniu poprawić warunki ograniczając wydobycie do południowej części bloku tektonicznego, gdzie istniejące wypiętrzenie karbonu i mała miąższość warstw izolujących w miocenie stwarzają nieco korzystniejszy układ zasolenia wód. W rejonie północnym z uwagi na wyraźną strefowość hydrochemiczną związaną z blokami tektonicznymi najkorzystniejszych warunków należy się spodziewać w blokach położonych na zachodzie.

Szkody górnicze wywołane zmianą stosunków wodnych

Eksploatacja pokładów o sumarycznej miąższości około 15—25 m, prowadzona na zawał, wywoła duże obniżenia terenu. Będą one szczególnie groźne w części południowego rejonu kopalnianego, położonej nisko w pradolinie Wisły. Już przy obniżeniu powierzchni o około 2 m nastąpi podtopienie znacznych terenów leżących na poziomie 220 do 230 m npm. oraz zagrożenie stawów rybnych, w których obrębie zwierciadło wodne leży na poziomie około 224 do 223 m npm. Przy uregulowaniu stosunków wodnych przez zbudowanie sieci drenów i rowów melioracyjnych, odprowadzających wody na poziom uregulowanej Wisły (218 m npm.), można będzie dopuścić do obniżenia terenu o 5—7 m bez obawy podtopienia. Przy jeszcze większych osiadaniach wyniknęłyby duże trudności w walce z podtopieniem. Problem szkód górniczych związanych z podtopieniem wymaga jeszcze dalszych studiów tak w zakresie ustalenia położenia zwierciadła wód i jego wahań, jak i przewidywanych wielkości osiadań.

*Katedra Geologii Kopalnianej AGH
w Krakowie
luty 1965*

WYKAZ LITERATURY REFERENCES

- Alexandrowicz S. W. (1963), Stratygrafia osadów miocenijskich w Zagłębiu Górnośląskim (Stratigraphy of the Miocene Deposits in the Upper Silesian Basin). *Pr. Inst. Geol.* 29, Warszawa.
- Jachowicz A. (1960), Pozycja stratygraficzna osadów karbońskich w wierceniu „Borek Szlachecki” (Stratigraphical Position of Carboniferous Sediments in Bore Hole „Borek Szlachecki”) *Kwart. geol.* 4, p. 889—898, Warszawa.
- Jachowicz A. (1962), Odpowiedź na artykuł S. Z. Stopy. *Kwart. geol.* 6, p. 715 do 721, Warszawa.

- Książkiewicz M. (1952), Budowa geologiczna Beskidów Wadowickich i stosunek do przedmurza (Der Bau der rändlichen Wadowicer Beskiden und ihr Verhältnis zum Vorlande). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 22, z. 1, p. 55—96, Kraków.
- Książkiewicz M. (1951), Objaśnienie arkusza Wadowice. *Państw. Inst. Geol.* Warszawa.
- Marchacz W., Stolarzewicz L. (1960), Zawodnienie kopalń węgla i kruszców w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym w okresie 1953—1957 (Flooding of Coal and Metal Mines in Upper Silesia Coalfield). *Pr. Gł. Inst. Górn. Ser. A, komunikat nr 243 a*, Katowice.
- Michael R. (1912), Die Entwicklung der Steinkohlenformation im westgalizischen Weichselgebiet des oberschlesischen Steinkohlenbezirkes. *Jb. Preuss. Geol. Landesanst.*, 33/1, p. 159—306.
- Połtowicz S. (1961), Znaczenie rozpoznania wieku tektoniki przy dokumentowaniu złóż węgla kamiennego. *Prz. geol.*, p. 307—313, Warszawa.
- Siedlecki S. (1951), Utwory stefañskie i permskie we wschodniej części Polskiego Zagłębia Węglowego. *Acta geol. pol.*, 2, Warszawa.
- Stopa S. Z. (1962), O stratygrafii karbonu w odwiercie „Borek Szlachecki”. Uwagi krytyczne. *Kwart. geol.*, 6, p. 707—714, Warszawa.
- Wilk Z. (1960), Analiza wielkości dopływów do górnośląskich kopalń węgla kamiennego. *Państw. Rada Górn. Mat. i Pr. Rady*, z. 17 A, Warszawa.
- Wilk Z. (1963), Badania nad metodą analogii hydrogeologicznych przy opracowaniu prognoz zawodnienia kopalń węgla kamiennego. *Mat. Kraj. Zj. Górn.*, Katowice.
- Wilk Z. (1965), Zawodnienie a wielkość i głębokość kopalń węgla we wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (Relationship between mine water inflow, size and depth of the collieries in the eastern region of the Upper Silesia Coal Basin). *PAN Oddział w Krakowie. Pr. geol.*, 24.

SUMMARY

Two regions: the northern and the southern ones, differing in hydrogeological conditions are distinguished in the described part of the Coal Basin (Fig.1). The two regions are separated by a distinct morphological step, and by a zone of faults throwing down c. 200—300 m the Carboniferous series in the south. The two regions are situated within two large morphological and structural units: the Silesian Upland, and the Oświęcim Depression. It has been established that the essential differences in the hydrogeological conditions are related closely with the structure of the two regions, while minor ones are depending on local lithological and structural conditions.

Geological investigations by deep drilling were carried out in the region described at the beginning of the twentieth century (R. Michael, 1912; M. Książkiewicz, 1932, 1951), in the years 1940—1944, and later in the years 1954—1964. Both authors participated in this last phase of investigations since 1961, carrying out hydrogeological investigations on special cable-tool bore-holes and rotary bore-holes. The southern region lies in the Wisła Valley, and has an elevation of 220—230 m a.m.s.l. In the south it is bordered by hills elevated up to 300 m a.m.s.l., which form part of the Flysch Carpathians. The northern region is elevated above the Wisła Valley, and has an varied upland landscape.

In both regions the ground water horizon most important for coal mining occurs in the sandstones of the uppermost part of the coal-

-bearing formation (in the Libiąż beds and the Łaziska beds). Coal seams up to a few metres thick and totalling in thickness from a dozen to more than 20 m will be worked out. The designed depth of exploitation ranges down to c. 700 m.

The coal-bearing Carboniferous formation is covered in the southern region by an impermeable clay-sand Miocene series. The thickness of the impermeable cover is inferior to 50 m only on a small area, usually it exceeds largely 100 m, and ranges up to a few hundred m. In the northern region the coal-bearing formation is overlain by Stephanian arkosic sandstones with intercalations of shales. This member is water-bearing and does not form an isolating layer. It is overlain in turn by the Mesozoic cover extending over a large part of the northern region. The Triassic and Jurassic formations are composed chiefly of fissured carbonate rocks, although some impermeable rocks are present at the base of the Mesozoic. The Mesozoic cover is faulted and partly eroded.

The hydrogeological conditions in the coal deposit in both regions were studied by special hydrogeological bore-holes on which detailed investigations including test pumping were carried out. It was established that the mean value of the filtration coefficient k for the Carboniferous sandstone series has a range of $2-5 \cdot 10^{-6}$ m/sec, the effective porosity amounts to 10—20 per cent, and the specific yield amounts to 0,05.

In relation with mine designing in the studied part of the Upper Silesia Coal Basin, the authors estimated the influence of structural conditions on the amount of water to be drained from the coal mines as well as the chemical composition and content of dissolved salts.

The amount of water to be drained from the collieries with designed output of 15 000 tons/day and depth c. 700 m has been determined by all methods currently in use, including the trend-line method elaborated by Z. Wilk (1963, 1964), which is a development of the hydrogeological analogy method. The results so obtained are considered as reliable. The amount of water to be drained from a colliery will be c. 17 cu. m/min in the southern region, and c. 25 cu. m/min in the northern region. The amount of water per ton of coal won will range from 1.7 cu. m/ton to 2.4 cu. m/ton, thus being close to the average values in the Upper Silesia Coal Basin.

Highly mineralized waters occur in both regions at the designed depth of exploitation. The increase of mineralization with depth is different in the two regions, and much more rapid in the southern region than in the northern one (Fig. 3). Smaller local differences depending upon lithological and structural conditions are also marked. An example from the southern region is shown on Fig. 4.

The preliminary analysis of the results of investigations permitted to state in the northern region the presence of a chemical zonation distinctly related with tectonics. The originally existing zonation was probably regular, and zones with the same mineralization were horizontal and parallel. Later, tectonic movements which dissected the area into faulted blocks caused the break of continuity of the hydrochemical zones and uplifted the deep strongly mineralized waters. The circulation and exchange of waters within the faulted region did not modify essentially as yet the so formed system.

Salt waters with mineralization amounting to 100—180 g/l occur in both regions at the depth of 600—700 m, the principal ions are Cl and

Na. The estimated amount of ions Cl and SO₄ to be pumped out of the mines and the ratio of these ions differ in the two regions and are: in the southern region c. 1400 tons/day (SO₄ : Cl = 1 : 5—16), in the northern region c. 290 tons/day (SO₄ : Cl = 1 : 150—200, or even 1 : 2 500, and only in the lowermost part of the profile 1 : 40).

Underground exploitation without roof protection may result in flooding of large areas in the Wisła Valley, and destroy the reserves of fairly abundant utilizable waters of good quality in the Triassic limestones and dolomites and in the Quaternary sands and gravels.

Department of Mining Geology
School of Mining and Metallurgy, Cracow
February 1965

translated by R. Unrug