ROCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA GEOLOGICZNEGO
ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE POLOGNE

Tom (Volume) XLII — 1972 Zeszyt (Fascicule) 1 Kraków 1972

HENRYK NIEDZIELSKI [1]

# HYDROCHEMIZM STREFY HIPERGENICZNEJ NA WYŻYNIE MIECHOWSKIEJ

(2 fig. i 1 tabela)

## *Hydrochemical characteristics of the hypergenic zone of the Miechów Upland*

(2 Figs. and 1 Table)

Treść: Na tle krótkiej charakterystyki hydrogeologicznej Wyżyny Miechowskiej omówiono chemizm wód w piętrach wodonośnych: górnojurajskim, senońskim, mioceńskim i czwartorzędowym. Rozprzestrzenienie wydzielonych 12 klas wód w oparciu o podział Szczukarewa—Prikłońskiego przedstawiono za pomocą mapy hydrochemicznej.

## WSTĘP

Niniejszą charakterystykę hydrochemiczną wykonano na podstawie wyników analiz chemicznych 209 prób wody pobranych z różnych studni gospodarskich i źródeł w czasie kartowania hydrogeologicznego obszaru Wyżyny Miechowskiej. Próby pobrano prawie w jednakowych ilościach w latach 1961 i 1962 oraz uzupełniono sześcioma w roku 1963.

Opróbowania dokonywano każdego roku w listopadzie i grudniu, tzn. w podobnych warunkach hydrologicznych, starając się uzyskać materiał do równomiernego i przestrzennego scharakteryzowania wydzielonych czterech pięter wodonośnych, a w wątpliwych przypadkach do ewentualnego rozstrzygnięcia o zasięgu danego piętra (H. Niedzielski, 1967). Przy tych badaniach wodę pobierano każdorazowo z innego punktu, dziennie po około 30 prób i tego samego dnia dostarczano samochodem do laboratorium [2].

Wszystkie analizy zostały skontrolowane przez porównanie sum kationów i anionów i w niniejszych rozważaniach uwzględniono tylko te wyniki, których sumy były równe.

W celu zorientowania się co do sezonowej zmienności mineralizacji ogólnej wód senońskich (najszerzej rozprzestrzenionych) z kilkunastu źródeł pobierano w odstępach kwartalnych w 1965 r. wodę do oznaczeń suchej pozostałości i twardości ogólnej (H. Niedzielski, 1967 a).

Metodyka opróbowania pozwoliła jedynie na scharakteryzowanie górnej strefy hydrochemicznej (hipergenicznej), tzn. tej, w której następuje

[1] Kraków, ul. Ułanów 48 m. 60.

[2] Analizy chemiczne wykonywane były w laboratorium wojewódzkiej i miejskiej stacji San.-Epid. w Krakowie.

aktywna wymiana wody (A. Alekin, 1956). Głębsze strefy nie były niestety dostępne autorowi do badań.

W oparciu o znaną klasyfikację Szczukarewa-Prikłońskiego (Prikłoński, Łaptiew 1955) wydzielono 12 klas wód, których rozprzestrzenienie w poszczególnych piętrach wodonośnych ilustruje mapa hydrochemiczna (fig. 1, 2).

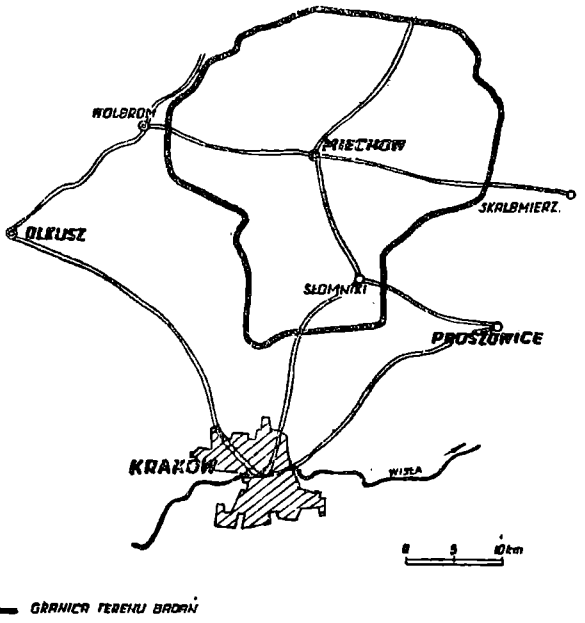


Fig. 1. Szkic sytuacyjny badanego obszaru
Fig. 1. Index map of the investigated area

Dla uproszczenia rzadko występujące wody cztero- i pięciojonowe usystematyzowano w dwie grupy: chlorkową i siarczanową zaznaczając ich rejon występowania. Opisu chemizmu wód dokonano w kolejności od piętra górnojurajskiego, senońskiego, mioceńskiego do czwartorzędowego, tzn. rozpoczynając od wód o najniższej mineralizacji i przechodząc do mineralizacji podwyższonej.

Spełniam swój miły obowiązek składając serdeczne podziękowanie panom: prof. drowi hab. inż. Romanowi Krajewskiemu i doc. drowi hab. inż. Antoniemu Kleczkowskiemu za udzieloną pomoc i uwagi krytyczne przy opracowywaniu niniejszego materiału.

## ZARYS WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Na Wyżynie Miechowskiej autor wydzielił 5 pięter wodonośnych: holoceńskie, plejstoceńskie, mioceńskie, senońskie i górnojurajskie, z których najszersze rozprzestrzenienie posiada piętro senońskie (fig. 2).

Piętro holoceńskie — słabo wodonośne zajmuje małe obszary wąskich dolin rzecznych. Wody występują w utworach aluwialnych przeważnie gliniastych o niskim współczynniku filtracji $2{,}6 \cdot 10^{-5} - 3{,}7 \cdot 10^{-6}$ m/sek, rzadziej w piaszczysto-żwirowych o współczynniku $k = 1{,}5 \cdot 10^{-5} - 9 \cdot 10^{-4}$ m/sek.

Piętro plejstoceńskie powierzchniowo obejmuje 6,5% badanego terenu. Największe obszary zajmuje w dorzeczu Uniejówki w rejonie Racławic i Polanowic, a poza tym występuje bardzo fragmentarycznie na wysoczyznach, gdzie tworzy małe odizolowane zbiorniki wodonośne (fig. 2).

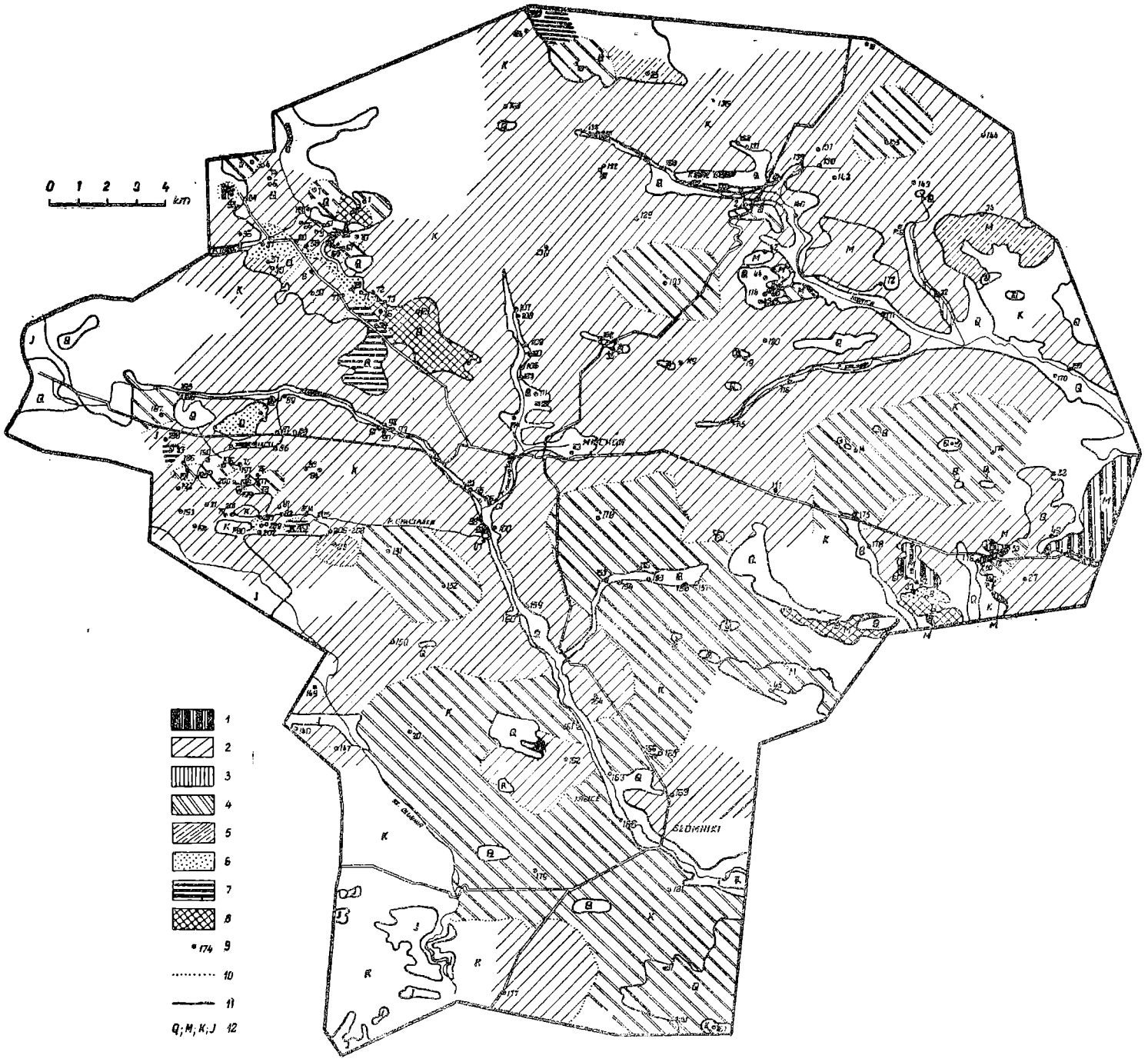


Fig. 2. Mapa hydrochemiczna Wyżyny Miechowskiej, obszary występowania wód: 1 — wody siarczanowo-wapniowe (kl. II-3); 2 — wody dwuwęglanowo-wapniowe (kl. III-3); 3 — wody dwuwęglanowo-sodowo-wapniowe (kl. III-1-3); 4 — wody dwuwęglanowo-magnezowo-wapniowe (kl. III-2-3); 5 — wody chlorkowo-dwuwęglanowo-wapniowe (kl. I-III-3); 6 — wody siarczanowo-dwuwęglanowo-wapniowe (kl. II-III-3); 7 — wody chlorkowe cztery- i pięciojonowe (kl. I-II-1-3, I-II-III-3, I-III-2-3; I-II-III-2-3); 8 — wody siarczanowe cztery- i pięcio-jonowe (kl. II-III-2-3, II-III-1-2-3); 9 — miejsce i numer próby wody pobranej do analizy chemicznej; 10 — granice pomiędzy klasami wód; 11 — granice pomiędzy piętrami wodonośnymi; 12 — Q — piętro wodonośne holoceńskie i plejstoceńskie; M — piętro wodonośne mioceńskie; K — piętro wodonośne senońskie; J — piętro wodonośne górnojurajskie

Fig. 2. Hydrochemical map of the Miechów Upland. Areas of occurence of waters: 1 — sulphate-calcium waters (class II-3); 2 — bicarbonate-calcium waters (cl. III-3); 3 — bicarbonate-sodium-calcium waters (cl. III-1-3); 4 — bicarbonate-magnesium-calcium waters (cl. III-2-3); 5 — chloride-bicarbonate-calcium waters (cl. I-III-3); 6 — sulphate-bicarbonate-calcium waters (cl. II-III-3); 7 — four and five-ion chloride waters (cl. I-II-1-3, I-II-III-3, I-III-2-3, I-II-III-2-3); 8 — four and five-ion sulphate waters (cl. II-III-2-3, II-III-1-2-3); 9 — sampling sites and sample numbers; 10 — boundaries between water classes; 11 — boundaries between aqquifers; 12 — Q — Holocene-Pleistocene aquifer; M — Miocene aqquifer; K — Senonian aquifer; J — Jurassic aquifer

Na większych obszarach charakteryzuje je występowanie dwóch poziomów wodonośnych, jednego w lessach i drugiego w piaskach i żwirach fluwioglacjalnych. W dorzeczu Uniejówki, gdzie obydwa poziomy występują jeden nad drugim, warstwą izolującą są iły znajdujące się w spągu lessów. Dolny poziom w żwirach podścielają nieprzepuszczalne iły lub gliniasta zwietrzelina margli senońskich. Zwierciadło wody w lessach ma charakter swobodny, w żwirach zaś bardzo często słabo ciśnieniowy.

Na wysoczyznach tworzą się zbiorniki o swobodnym zwierciadle wody w piaskach i żwirach fluwioglacjalnych. Są one odizolowane od głębszych poziomów wodonośnych zwykle senońskich i znajdują się ponad nimi w odległości pionowej dochodzącej niekiedy do kilkudziesięciu metrów. Zwykle drenowane, są źródłami o małej wydajności lub wyciekami.

Współczynniki filtracji w lessach wynoszą od $1{,}7 \cdot 10^{-5}$ do $5{,}4 \cdot 10^{-5}$ m/sek, a w utworach fluwioglacjalnych od $6{,}7 \cdot 10^{-5}$ do $1{,}2 \cdot 10^{-4}$ m/sek.

Piętro mioceńskie występuje w formie dwóch nieciągłych płatów: północnego w rejonie Książa Małego i południowego w rejonie Racławic (W. Krach, 1947). Poziomy wodonośne związane są ze skałami należącymi do trzech ogniw stratygraficznych miocenu, a mianowicie piasków warstw podlitotamniowych (rej. Tochołowa), piaskowców wapnistych (Giebułtów i Trzonów) i piasków heterosteginowych (Muniakowice) i Nasiechowice) warstw litotamniowych oraz gipsów (rej. Racławic) warstw gipsowych.

Wszystkie poziomy, a szczególnie gipsowy intensywnie, drenowane są źródłami o wydajności nie przekraczającej 0,5 l/sek. Ogólnie są to poziomy mało rozprzestrzenione i mało zasobne.

Piętro senońskie tworzą wody występujące w kompleksie margli, opok, gez i margli z czertami krzemionkowymi (J. Rutkowski, 1965). Składa się ono z wielu nieregularnych poziomów wodonośnych tworzących się na wkładkach margli ilastych znajdujących się pomiędzy grubymi zespołami ławic. Wielopoziomowość piętra senońskiego szczególnie dobrze ujawnia się w strefach intensywnego drenażu, który ma miejsce w pobliżu dolin rzecznych. W tych rejonach na skutek spadku ciśnienia hydrostatycznego łatwo można wyodrębnić pojedyncze poziomy wodonośne o swobodnym zwierciadle wody. W dalszej odległości od dolin i na większych głębokościach zwierciadło wody poszczególnych poziomów z wyjątkiem pierwszego od góry przybiera odpowiednio lekko ciśnieniowy charakter i strefa nasycona na skutek wyrównania ciśnień staje się pozornie jednolita.

Podłożem nieprzepuszczalnym całego kompleksu senońskiego są iły marglisto-glaukonitowe santonu. Z obserwacji wynika jednak, że skały senońskie mają zdolności gromadzenia i przewodzenia wody; w większej jednak głębokości są praktycznie nieprzepuszczalne.

Pierwsze zwierciadło wody występuje płytko w obrębie dolin i tu może być napięte (warstwą napinającą są gliniaste aluwia), a głęboko na wysoczyznach, gdzie zwykle jest swobodne. Poszczególne poziomy wodonośne drenowane są źródłami w większości typu descenzyjnego o wydatku zmiennym lub bardzo zmiennym, o różnych wydajnościach, największej do 140 l/sek w obszarze źródłowym Uniejówki.

Wodoprzepuszczalność margli przeciętnie jest rzędu $n \cdot 10^{-5}$ m/sek z tendencją do wyższych wartości. Najwyższy stwierdzony współczynnik filtracji wynosi $8{,}1 \cdot 10^{-4}$ m/sek, najniższy $1{,}7 \cdot 10^{-6}$ m/sek. Średnia wydajności jednostkowa studni wierconej wynosi 16,3 $m^3$/godz/m depresji, minimalna 0,3 $m^3$/godz/m, a maksymalna 74,2 $m^3$/godz/m.

Zasilanie odbywa się wyłącznie w drodze infiltracji opadów atmosferycznych. Współczynnik spływu podziemnego wynosi 16,7% w stosunku do wielkości średniego rocznego opadu.

Piętro górnojurajskie obejmuje wody gromadzące się w wapieniach cienkopłytkowych słabo udokumentowanego paleontologicznie kimerydu (rejon między Wolbromiem, Trzebnicą i Mostkiem) i w wapieniach skalistych rauraku (na południe od tego rejonu). W kimerydzie występuje kilka mało zasobnych poziomów wodonośnych drenowanych licznymi źródłami o małej i zmiennej wydajności.

W wapieniach skalistych woda występuje na ogół głęboko, a jedynie koło Grzegorzowic, Wielkanocy i Gołczy w strefie zaburzeń tektonicznych pojawiają się źródła typu ascenzyjnego o dużej wydajności do 95 l/sek i małym wskaźniku zmienności (2—3).

Piętro górnojurajskie na wychodniach o swobodnym zwierciadle wody ku północnemu wschodowi przechodzi w piętro artezyjskie. Jego strop nieprzepuszczalny tworzą margle glaukonitowe santonu.

Poszczególne piętra wodonośne są od siebie wyraźnie oddzielone jedynie na pewnych odcinkach, szczególnie w obrębie dolin mogą posiadać połączenia hydrauliczne.

## CHEMIZM WÓD PIĘTRA GÓRNOJURAJSKIEGO

Spośród 30 prób wody pobranych z tego piętra zdecydowana większość, bo 26 (86%), wykazuje niską mineralizację poniżej 450 mg/l suchej pozostałości. W pozostałych 4 próbach o numeracji 21, 23, 183 i 202 (fig. 2) mineralizacja jest podwyższona w granicach od 579 mg/l do 976 mg/l suchej pozostałości.

Ten niewielki procent prób wody o podwyższonej mineralizacji można traktować jako zjawisko lokalne, niekoniecznie wynikające z mineralizacji w danym środowisku skalnym.

We wszystkich przebadanych próbach odczyn wody jest lekko alkaliczny w granicach od 7,1—8,2 pH. Twardość ogólna w 73% prób jest mniejsza od 18°n. W próbach o podwyższonej mineralizacji przekracza 20°n i dochodzi do 30,2°n.

Ze względu na skład jonowy są to wody proste, w większości dwujonowe. Dominuje anion dwuwęglanowy, którego zawartość przeciętnie wynosi 280—300 mg/l. Z kationów wapń występuje przeciętnie w ilości 85 do 105 mg/l. W kilku zaledwie przypadkach według klasyfikacji Szczurakewa woda jest trójskładnikowa i wtedy jako trzeci jon pojawia się magnez (ok. 20 mg/l).

Są to zatem najczęściej wody dwuwęglanowo-wapniowe lub rzadziej dwuwęglanowo-magnezowo-wapniowe. Zaledwie dwie próby: 183 i 23 są cztero -i pięciojonowe z udziałem jonu chlorkowego. Zawartość jonu chlorkowego w tych próbach wynosiła 74,2 mg/l i 126,4 mg/l. Poza tym przeciętna zawartość jonu chlorkowego nie przekraczała 20 mg/l. Zawartości żelaza występowały w ilości od 0,02 do 3,2 mg/l z tym, że w 77% przebadanych prób posiadało żelazo poniżej 0,3 mg/l. W próbach o małej zawartości żelaza nie stwierdzono występowania manganu (67% prób), natomiast tam, gdzie ilość żelaza była podwyższona, występował mangan w ilości od 0,1 do 0,35 mg/l.

Chemizm wód górnojurajskich wyrażono poniżej wzorem Kurłowa, do którego wprowadzono modyfikację polegającą na podaniu w nawiasach średniej arytmetycznej % równoważnikowych danego jonu w przebadanych próbach, po prawej zaś i lewej stronie nawiasu zawartości skrajne:

$$M_{0,271(0,416)0,976}\ \frac{HCO_3\ 29(72)87\ SO_4\ 2(10)43\ Cl\ 3(8)24}{Ca\ 51(80)90\ Mg\ 2(13)30\ Na+K\ 0(7)27} \qquad (1)$$

## CHEMIZM WÓD PIĘTRA SENOŃSKIEGO

Badania chemizmu wód tego piętra są najliczniejsze (123 próby i obejmują największy obszar (fig. 2). Wyniki są stosunkowo jednolite i bardzo zbliżone do wód piętra górnojurajskiego.

Ogólna mineralizacja w 91% przypadków nie przekracza 500 mg/l suchej pozostałości, przy czym przeważnie mieści się znacznie poniżej tej granicy. Nieznacznie podwyższoną suchą pozostałość, nie przekraczającą jednak 700 mg/l, stwierdzono w 10 próbach. Różnice te w stosunku do pozostałej większości są niewielkie i brak jest podstaw do tłumaczenia ich odmienności środowiskiem geologicznym.

Odczyn wody jest lekko alkaliczny od 7,1—8,1 pH, przeciętnie jednak nie przekracza 7,5 pH. Zdecydowaną większość prób (62%) charakteryzuje twardość ogólna od 10—18°n; 24% ma twardość od 18—20°n, a pozostałe 14% od 20—28°n. W stosunkach jonowych panuje znaczna jednorodność, wyrażona wybitną przewagą anionu $HCO_3$ (przeciętnie 280—350 mg/l), i kationu Ca (przeciętnie 80—115 mg/l) nad pozostałymi, choć zaznacza się także udział $Mg^{2+}$ (maksymalnie do 65,4 mg/l). Ilości chlorków są na ogół znacznie poniżej 20 mg/l i zaledwie w 13 próbach granicę tę przekraczają dochodząc do 72,0 mg/l. W konsekwencji tego według klasyfikacji Szczurkarewa w 80% są to wody o prostym składzie dwujonowym: dwuwęglanowo-wapniowe. Pozostała część to trzyjonowe: dwuwęglanowo-magnezowo-wapniowe. W jednym tylko przypadku (próba 83) woda jest typu chlorkowo-dwuwęglanowo-wapniowego, co może wynikać z zanieczyszczeń powierzchniowych dostających się do studni. Przy analizie związku chemizmu wód ze środowiskiem skalnym interesująca jest pewna tendencja, polegająca na tym, że woda zawierająca nieco zwiększone zawartości magnezu pochodzi z ogniw górnej części górnego kampanu i z dolnego mastrychtu. Ma to szczególnie miejsce w rejonie miejscowości Cisie oraz w pasie biegnącym od Raszówka poprzez Pojałowice aż do Prandocina (fig. 2). Otóż jak wynika z opublikowanych przez S. Kozłowskiego (1959) analiz chemicznych skał senońskich z rejonu Miechowa, wymienione ogniwa senonu wykazują nieco podwyższoną zawartość tlenku magnezu w stosunku do innych ogniw i być może jest to przyczyną również zwiększonych zawartości magnezu w wodzie.

Żelazo ogólne w 94% prób w ogóle nie występuje lub nie przekracza 0,3 mg/l. Podobnie jest z manganem, którego obecność stwierdzono zaledwie w 11 próbach, w tym jedynie w 5 próbach ilości przekraczały 0,1 mg/l i sięgały do 0,43 mg/l. Obecność manganu obserwuje się w próbach o podwyższonej zawartości żelaza.

Ogólny skład chemiczny wód senońskich można następująco wyrazić zmodyfikowanym wzorem Kurłowa:

$$M_{0,171(0,410)0,696}\ \frac{HCO_3 38(75)85 SO_4\ 1(7)20\ Cl\ 2(5)21}{Ca\ 22(72)92\ Mg\ 1(18)63\ Na+K\ 0(12)26} \qquad (2)$$

Skrajne szczególnie minimalne wartości procentów równoważnikowych występują bardzo rzadko.

Kontrolne badania nad sezonową zmiennością mineralizacji ogólnej, dokonane w 32 stałych punktach, wykazały rozpiętość wyników w granicach od 0,268 do 0,573 mg/l suchej pozostałości dla wszystkich badanych

punktów w przeciągu roku. Zmienność mineralizacji, tzn. stosunek maksynej do minimalnej zawartości suchej pozostałości w poszczególnych punktach wahał się od 1,02 do 1,48, a średnio 1,19, co wskazuje na niewielką zmienność w czasie składu chemicznego wód. Ponieważ we wszystkich przypadkach opróbowano wyłącznie źródła senońskie i często przy pobieraniu prób wykonywano pomiar wydajności źródła, umożliwia to zaobserwowanie tendencji, według której wyższa zmienność mineralizacji odpowiada wyższej zmienności wydatku. W kilkunastu przypadkach, choć nie zawsze, daje się stwierdzić, że ze wzrostem wydajności źródła spada zawartość suchej pozostałości. Przykładowo ilustruje to tabela 1.

## CHEMIZM WÓD PIĘTRA MIOCEŃSKIEGO

Obserwujemy tu wyraźne zróżnicowanie wód podziemnych na dwie grupy zarówno pod względem ogólnej mineralizacji, jak i stosunków jonowych. Pierwszą grupę tworzą wody występujące w warstwach podlitotamniowych i litotamniowych, a drugą w warstwach gipsowych.

Pierwszą grupę można rozdzielić jeszcze na dwie podgrupy Ia i Ib.

Do grupy Ia należą 4 próby nr 172 i o numeracji od 40—42. Charakteryzują je niska mineralizacja, poniżej 400 mg/l, odczyn lekko alkaliczny 7,3—7,7 pH i twardość ogólna 15,5—17,6°n. Żelazo ogólne i mangan nieprzekracza 0,1 mg/l. Chlorki nie przekraczają 10 mg/l, podobnie jak siarczany, z wyjątkiem jednej próby, gdzie siarczanów jest 42,4 mg/l.

Stosunki procentowe jonów są podobne do spotykanych w wodach piętra górnojurajskiego i senońskiego, czyli dominuje anion $HCO_3$ i kation Ca. W jednej próbie zaznacza się podwyższony udział $Mg^{2+}$. Ogólny skład ilustrujący skrajne wartości procentów równoważnikowych głównych jonów jest następujący:

$$M_{0,363-0,423}\ \frac{HCO_3\ 72-87\ SO_4\ 3-13\ Cl\ 3-4}{Ca\ 60-76\ Mg\ 15-25\ Na+K\ 9-18} \qquad (3)$$

Wody te związane są z piaskami lub piaskowcami wapnistymi, a więc skałami stosunkowo odpornymi na ługowanie, a w dodatku o dobrych własnościach filtracyjnych, sprzyjających szybkiemu krążeniu wody.

Podgrupę Ib reprezentują również 4 próby, których mineralizacja jest znacznie podwyższona od 606—1369 mg/l suchej pozostałości. Odczyn zmienia się od lekko kwaśnego do lekko alkalicznego 6,9—7,7 pH. Twardość ogólna jest bardzo wysoka od 34,3—46,8°n. Są to wody trójjonowe i czterojonowe o zmiennym składzie, kolejno z przewagą anionów $HCO_3$ do 549,0 mg/l, $SO_4$ do 217,6 mg/l, Cl do 242,0 mg/l. Wody te pochodzą ze słabo zdiagenezowanych i podatnych na ługowanie margli. Wyjątkowo próba nr 35 pochodzi z wodonośnych piasków. Żelazo ogólne dochodzi do 0,51 mg/l, a mangan w ogóle nie występuje.

Przewaga siarczanów w próbie nr 28, pochodzi prawdopodobnie z zanieczyszczeń wodami ługującymi gipsy występujące w bliskiej odległości.

Wody poziomu gipsowego (II grupa — 8 prób) odznaczają się stosunkowo wysoką mineralizacją o zawartości ponad 2000 mg/l suchej pozostałości. Odczyn jest lekko alkaliczny lub obojętny. Twardość bardzo wysoka 79,5 do 95,9°n. Skład jonowy jest prosty i bardzo jednolity, lecz odmienny od składu jonowego innych poziomów wodonośnych. Wśród anionów główną rolę odgrywają siarczany występujące w ilości 1128,5—1367,9 mg/l.

Udział wodorowęglanów, a zwłaszcza chlorków jest znikomy. Głównym kationem jest wapń, którego udział w stosunku do pierwszej grupy wzra-

Niektóre wyniki badań zmienności mineralizacji ogólnej źródeł senońskich

Tabela 1

| Nr */ próby | Data | Q l/sek | Sucha pozostałość mg/l |
|---|---|---|---|
| 158 | 14.XI.62 | - | 399 |
| | 1.IV.65 | 7,0 | 420 |
| | 5.VII.65 | 10,5 | 356 |
| | 30.IX.65 | 7,8 | 384 |
| 169 | 23.XI.62 | - | 335 |
| | 1.IV.65 | - | 489 |
| | 5.VII.65 | 16,0 | 399 |
| | 5.X.65 | 12,5 | 418 |
| 178 | 3.XII.62 | - | 430 |
| | 1.IV.65 | 22,0 | 385 |
| | 5.VII.65 | - | 421 |
| | 30.IX.65 | 16,0 | 478 |
| 171 | 23.XI.62 | - | 408 |
| | 1.IV.65 | 92,0 | 404 |
| | 5.VII.65 | 98,0 | 375 |
| | 5.X.65 | 83,0 | 384 |
| 156 | 14.XI.62 | - | 338 |
| | 1.IV.65 | 24,0 | 422 |
| | 5.VII.65 | - | 426 |
| | 30.XI.65 | 15,0 | 474 |
| 81 | 29.XII.61 | - | 282 |
| | 1.IV.65 | 21,0 | 257 |
| | 6.VII.65 | 9,5 | 282 |
| | 28.IX.65 | 17,0 | 354 |

sta o blisko 21% równoważnikowych i wynosi 516,9—676,8 mg/l, przy odpowiednim spadku zawartości magnezu i silnych alkaliów. Żelaza i manganu na ogół nie stwierdzono.

Są to zatem wody siarczanowo-wapniowe o ogólnym składzie:

$$M_{2,044-2,421}\ \frac{SO_4\ 77-84\ HCO_3\ 12-18\ Cl\ 1-2}{Ca\ 85-97\ Mg\ 0-9\ Na+K\ 1-9} \qquad (4)$$

Źródłem mineralizacji wód są w tym przypadku złoża gipsu. Można

przypuszczać, że jedynie wskutek łatwego drenażu i szybkiej wymiany wody tego poziomu nie posiadają wyższej mineralizacji.

## CHEMIZM WÓD MIESZANYCH

Jako odrębną grupę wydzielono analizy chemiczne 15 prób wody, pobranych w strefach występowania wspólnego poziomu wodonośnego czwartorzędowo-senońskiego, który cechuje znaczna różnorodność chemizmu. Ogólna mineralizacja zmienia się od 322 mg/l do 1142 mg/l suchej pozostałości; odczyn od lekko kwaśnego do lekko zasadowego 6,13—7,7 pH, a twardość ogólna od 17,9—37,8°n i jest wyraźnie większa od przeciętnej wód senońskich. Pod względem składu jonowego w przeważającej większości są trójjonowe $HCO_3$—Mg—Ca, rzadziej dwujonowe, dwuwęglanowo-wapniowe.

Dwuwęglany występują w granicach od 226 mg/l do 574 mg/l, siarczany od 8,6 mg/l do 553,28 mg/l, chlorki od 6,0 mg/l do 74,0 mg/l, wapń od 45,4 mg/l do 284 mg/l i magnez od 10,3 mg/l do 82,6 mg/l.

Stosunki jonowe zmieniają się w sposób ciągły w szerokich granicach, podanych we wzorze:

$$M_{0,322-1,142}\ \frac{HCO_3\ 46-86\ SO_4\ 3-19\ Cl\ 2-24}{Ca\ 50-75\ Mg\ 6-42\ Na+K\ 6-19} \qquad (5)$$

Żelazo ogólne występuje częściej w ilości ponad 0,3 mg/l, jak również mangan, który często przekracza 0,1 mg/l.

W porównaniu z ogólnym składem jonowym wód senońskich skrajne zawartości procentów równoważnikowych występują znacznie częściej aniżeli w senonie.

## CHEMIZM WÓD CZWARTORZĘDOWYCH

Przedstawione tu analizy 25 prób reprezentują głównie piętro plejstoceńskie. Są to wody o znacznie zróżnicowanej mineralizacji zmieniającej się w szerokich granicach od 402 mg/l do 2156 mg/l suchej pozostałości, jednak z przewagą wód o mineralizacji od 500 do 1000 mg/l suchej pozostałości. Również odczyn wody zmienia się od lekko kwaśnego 6,6 pH, poprzez obojętny do lekko alkalicznego 8,0 pH. Twardość ogólna jest z reguły wysoka przeważnie powyżej 25°n i dochodzi do 81,5°n.

Udział poszczególnych jonów w procentach równoważnikowych jest bardzo zróżnicowany: od składu prostego dwujonowego aż do pięciojonowego. Przeważają jednak wody trójjonowe przy zmiennym składzie jonów. Wodę wielojonową z przewagą siarczanów stwierdzono w jednym tylko punkcie w rejonie Racławic (fig. 2). Z anionów zawartość $HCO^-_3$ występuje w granicach od 109,8 mg/l do 732,0 mg/l, $SO^{2-}_4$ od 7,8 mg/l do 302,9 mg/l o $Cl^-$ od 6,0 mg/l do 268,7 mg/l. Wśród kationów zawartość $Ca^{2+}$ wynosi od 61,9 mg/l do 442,8 mg/l, $Mg^{2+}$ od 9,9 mg/l do 86,0 mg/l i $Na^+ + K^+$ od 2,6 mg/l do 147,0 mg/l. Niemal we wszystkich próbach występuje żelazo ogólne, z tym że w 76% prób nie przekracza 0,3 mg/l. W pozostałych próbach najwyższa zawartość żelaza ogólnego dochodzi do 2,0 mg/l.

Mangan z zasady występuje jedynie w próbach wody o podwyższonej zawartości żelaza, przekracza wówczas zawartość 0,1 mg/l i dochodzi do 1,52 mg/l.

Ogólny skład wody, przedstawiający skrajne zawartości procentów rów-

noważnikowych głównych jonów, jest następujący:

$$M_{0,401-2,156}\ \frac{HCO_3\ 15-75\ SO_4\ 3-65\ Cl\ 1-39}{Ca\ 32-87\ Mg\ 11-46\ Na+K\ 3-27} \qquad (6)$$

W porównaniu ze słabo zmineralizowanymi wodami górnojurajskimi, senońskimi i częściowo mioceńskimi (grupa Ia) wody z utworów czwartorzędowych wykazują wyraźny kontrast, szczególnie pod względem wyższej mineralizacji ogólnej i twardości. Stan ten tłumaczy się środowiskiem skalnym, w którym wody występują, i stopniem jego wodoprzepuszczalności. Za przykład mogą posłużyć dwie skrajne próby nr 3 i nr 39. Pierwsza, o niskiej mineralizacji ogólnej 429 mg/l i twardości 17,8°n, a druga o stosunkowo wysokiej mineralizacji 1085 mg/l i twardości 81,5°n. Próba nr 3 pochodzi ze studni ujmującej wodę z piasków fluwioglacjalnych, a próba nr 39 ze źródła drenującego lessowy poziom wodonośny. W lessach występuje więcej składników łatwo rozpuszczalnych ($CaCO_3$), ponadto jako skały dobrze rozdrobnione łatwiej ulegają ługowaniu i szybciej zachodzą w nich reakcje chemiczne aniżeli w piaskach czy żwirach fluwioglacjalnych.

Poza tym wskutek małej wodoprzepuszczalności lessów, przepływy wód są w nich znacznie wolniejsze niż w piaskach i tym samym dłużej mogą zachodzić procesy chemiczne, co wpływa dodatnio na wzrost mineralizacji. Szybkością krążenia wody tłumaczy się również 4—5-krotnie niższą mineralizację wody w węglanowych skałach szczelinowatych, w porównaniu z czwartorzędowymi. Pomimo że skały węglanowe są stosunkowo łatwo podatne na ługowanie, to jednak na skutek szybkiego obiegu wody wpływ środowiska skalnego na mineralizację wody jest znacznie mniejszy.

Na skład jonowy omówionych wód poza środowiskiem skalnym wpływają zapewne także zanieczyszczenia powierzchniowe, zwłaszcza jeśli chodzi o zwiększony udział chlorków i mocnych alkaliów. Wpływ zanieczyszczeń powierzchniowych jest bardzo prawdopodobny szczególnie w piętrze czwartorzędowym, z którego wody ujmowane są płytkimi studniami, znajdującymi się w obejściach gospodarskich, gdzie stan sanitarny często pozostawia wiele do życzenia.

Stwierdzone w poszczególnych piętrach wodonośnych różnice, szczególnie jeśli idzie o twardość wody, mogą mieć praktyczne znaczenie w polowych pracach hydrogeologicznych przy identyfikacji piętra czwartorzędowego. Poza rejonami występowania wód gipsowych twardość ogólna przekraczająca 20°n wskazuje na poziom czwartorzędowy lub wspólny kredowo-czwartorzędowy.

*Przedsiębiorstwo Geologiczne*
*Budownictwa Wodnego „Hydrogeo"*
*Kraków*

WYKAZ LITERATURY
REFERENCES

Alekin O.A. (1956), Podstawy hydrochemii, Warszawa.

Kozłowski S. (1959), Poszukiwania geologiczne nowych baz surowca cementowego w Polsce południowo-wschodniej. *Cement, Wapno, Gips*, 2, Warszawa.

Krach W. (1947), Miocen okolic Krakowa. *Biul. Inst. Geol.*, 43, Warszawa.

Niedzielski H. (1967), Hydrogeologia Wyżyny Miechowskiej. Maszynopis pracy doktorskiej AGH — Kraków.

Niedzielski H. (1967 a), Sprawozdanie z obserwacji wód podziemnych wykonanych w okresie 1964/65 na terenie powiatu miechowskiego. Maszynopis Hydrogeo, Kraków.

Prikłoński W. A., Łatpiew F. F. (1955), Własności fizyczne i skład chemiczny wód. Warszawa.

Rutkowski J. (1965), Senon oklic Miechowa. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 35, 1. Kraków.

## SUMMARY

The hydrochemical investigations reported here covered four out of five aquifers present on the area of the Miechów Upland. Water samples were collected from wells and springs at 209 localities, providing material for a hydrochemical characteristics of the hypergenic zone. Twelwe water classes were distinguished, and their occurrence within the individual aquifers is presented in Fig. 2.

The Upper Jurassic aquifer comprise thin-bedded limestones of Kimmeridgian age and rocky limestones of Rauracian age, in which crevice waters occur. This aquifer is exposed at the surface on a small area in the western part of the studied region. Farther east the Jurassic aquifer plunges under an impervious roof of glauconitic marls of Santonian age, and acquires an artesian character.

The chemical composition of waters expressed by the modified Kurlov's formula (the arithmetic mean of contents of the individual ions is given in parentheses, and the minimal and maximal values outside the parentheses) is given in the Polish text (formula 1).

The Senonian aquifer occurs on the major part of the investigated area. It is composed of marls, siliceous cherty, marls and gaizes. Several water-bearing horizons are present, formed above intercalations of impervious soft marls occurring within the Senonian lithological complex. It is estimated that the Senonian rocks are storing and conducting waters down to the depth of 80—120 m, while at greater depth they are practically dry. Unit well capacities range from 0.3 to 74.2 $m^3/h/m$ of depression.

The infiltration amounts to 16.7 per cent of the annual rainfall. The mineralization of water has a simple character, with abundant bicarbonate and calcium ions. More rarely three ions: bicarbonate, magnesium and calcium are present in abundance. The composition expressed by the modified Kurlov's formula is given in the Polish text (formula 2).

The Miocene aquifer comprises three water-bearing horizons, occurring in sands of the sub-Lithothamnium beds, in calcareous sandstones and sands of the Lithotamnium beds, and in gypsum of the Gypsum beds.

The water occurring in sands has a low mineralization, and the ionic composition of the dry residue is simple. Instead, the waters of the calcareous sandstones have a higher mineralization, ranging up to 1369 mg/l of dry residue, with three or four abundant ions. The highest mineralization is present in the water of the gypsum water-bearing horizon. The ionic composition (given in the Polish text, formula 4) show little variation. The rapid exchange of waters in the gypsum karst prevents a higher mineralization.

The Pleistocene aquifer comprises two water-bearing horizons, one occurring in loess, the other in fluvioglacial sands and gravels. The mineralization and the ionic composition is variable as indicated by the wide range of content of various ions (see formula 6, Polish text). The highest mineralization of water was noted in loess. This is caused by the fine-grained nature of the rock favouring solution of mineral particles, and by the slow filtration of water. In the fluvioglacial rocks, where the exchange of water is more rapid the water mineralization is several times smaller.

*Hydrogeo-State Company*
*Kraków*

*translated by R. Unrug*