

X MIĘDZYNARODOWY KONGRES HYDROGEOLOGICZNY

UKD 556.3:061.3.055.1(100)''1974.09.16/22(448.4)

W dniach 16—22 IX 1974 r. odbył się we Francji (Montpellier) X Międzynarodowy Kongres Hydrogeologiczny zorganizowany przez Międzynarodową Asocjacje Hydrogeologów (AIH). Nie sięgając do dawniejszych kongresów, które rozpoczęły się w 1957 r. (Paryż), można przypomnieć, że w ostatnim 10-leciu odbywały się one w RFN (Hannover) — 1965 r. (Prz. geol. nr 1, 1966); w Turcji (Instanbul) — 1967 r. (Prz. geol. nr 4, 1968), w Japonii (Tokio) — 1971 r. Jubileuszowy (oficjalnie nie nadano mu takiego charakteru), 10 kongres był powiązany terminem z zakończeniem Sesji Międzynarodowej Dekady Hydrogeologicznej, zamykającej tę 10-letnią akcję UNESCO i wielu współpracujących instytucji międzynarodowych. Sesja ta odbyła się w dniach 2—14 IX 1974 r. w Paryżu.

Światowe spotkanie hydrogeologów francuski komitet zorganizował z dużym rozmachem, było to bowiem pierwsze tego rodzaju zaangażowanie się Francji, gdyż konferencja w 1957 r. miała bardzo ograniczony zakres, koncentrując się głównie na dyskusowaniu statutu asocjacji i jej kształtu. Kongres składał się z części zasadniczej — 3-dniowe obrady naukowe oraz z wycieczek hydrogeologicznych, na które poświęcono aż 4 dni. Przypomnieć należy, że walne zgromadzenie członków AIH odbywają się co 4 lata, w ramach międzynarodowych kongresów geologicznych (ostatnio w Montrealu, 1972 r.); wtedy podejmuje się uchwały i dokonuje wyboru nowego zarządu. W Montpellier odbyło się jedynie zebranie zarządu, w którym niżej podpisany uczestniczył w charakterze konsultanta naukowego AIH, pełniąc te funkcje, wraz z 7 innymi członkami, w kadencji 1972—1976.

W Kongresie wzięło udział ok. 220 uczestników z 30 krajów, w tym z 18 europejskich. Najlicniejszą grupę stanowili gospodarze, których było 80 osób. Poza tym delegatów z RFN było 24, z Włoch — 17, z Belgii, Jugosławii i USA — po 9 osób, z ZSRR i Hiszpanii — po 7; po 6 osób przybyło z Holandii i Algerii, 5 — z Czechosłowacji. Z 12 krajów przybyły tylko pojedyncze osoby, m.in. i z Polski. Kilku specjalistów reprezentowało ONZ i poszczególne organizacje międzynarodowe.

Obrady kongresowe. Część kameralna kongresu odbywała się w nowo wzniesionej Wyższej Szkole Ekonomicznej, położonej na peryferiach rozległego już dziś miasta Montpellier (ponad 200 km², 250 tys. mieszkańców). Nowoczesny budynek zapewniał należyte prowadzenie obrad, sekretariatu kongresowego i technicznego, dokonywanie zebrań mniejszych grup w licznych salkach itp. Organizatorzy wydali przed otwarciem kongresu referaty w pełnym brzmieniu, ze streszczeniami francuskimi i angielskimi. Każdy z uczestników otrzymał tom „Mémoires” w chwili rejestracji swojej obecności. Był to pierwszy tego rodzaju „wyczyn” w historii kongresów AIH, a marzeniem pozostaje jeszcze rozsyłanie tomów przed przybyciem na zjazd.

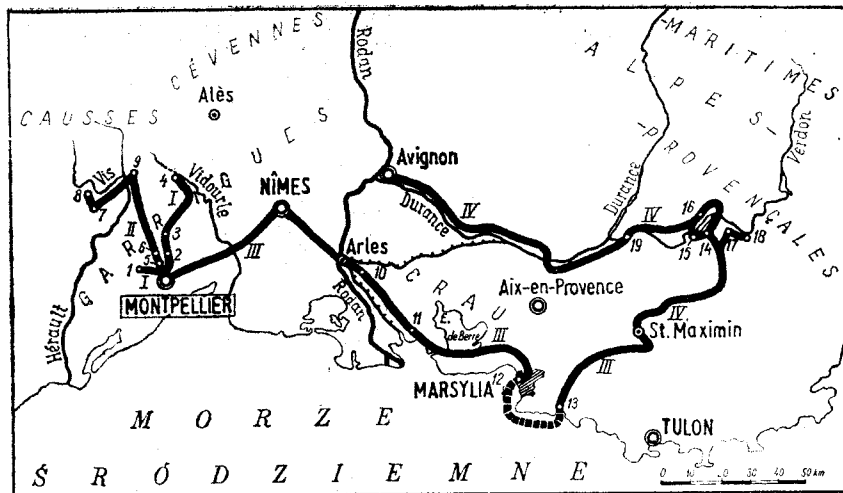
Otwarcia kongresu dokonał prof. G. Castany, przewodniczący Komitetu Organizacyjnego i Narodowego Komitetu AIH we Francji informując, iż spośród zgłoszonych na kongres ok. 100 referatów wybrano 59. Podzielono je na główne grupy i w każ-

dej z nich wyodrębniono kilka części problemowych, opracowanych przez różnych specjalistów. Dwie z głównych grup tematycznych obejmowały zagadnienia zanieczyszczeń wód podziemnych i ich ochrony oraz postępów w modelowaniu analogowym i matematycznym w hydrogeologii. Kierunek trzeci dotyczył hydrogeologii regionalnej, w tym i map, a czwarty — zdalnego odtwarzania warunków hydrogeologicznych. W ramach wstępnych przemówień zanotować można pełną humoru wypowiedź zastępcy mera Montpellier, krótkie exposé prezesa AIH, S. Buchana (W. Brytania) oraz omówienie spraw organizacyjnych przez sekretarza Komitetu Organizacyjnego — H. Paloca, wybitnego znawcę francuskiego krasu śródziemnomorskiego.

W trakcie kolejnych 5 posiedzeń wygłoszono referaty generalne i zbiorcze. Na zakończenie obrad wyświetlono dwa barwne filmy krótkometrażowe, ilustrujące badania wód krasowych we Francji. W ogólnej charakterystyce tematyki referatów należy zwrócić uwagę, że przedstawiony materiał nie odzwierciedla w pełni efektów i zakresu ostatnich prac w dziedzinie hydrogeologii, szczególnie w wybranych kierunkach kongresowych, można jednak doszukiwać się w nim priorytetowości problemów badawczych w niektórych krajach.

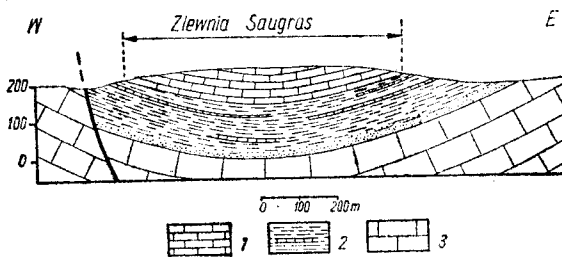
Na 32 referaty pierwszej grupy (zanieczyszczenie i ochrona wód podziemnych i gruntu) aż 12 przypadła na autorów francuskich, 6 — radzieckich, 3 — holenderskich, po 2 — belgijskich, z RFN i Indii, a po 1 — z Węgier, Czechosłowacji, USA, NRD, Szwajcarii. Część prac miała charakter ogólny, problemowy, niekiedy tylko wprowadzający, czasem legislacyjny (przepisy, programy). Wymienić tu można referaty M. Albinet z Francji, zbiorowe z ZSRR o zagrożeniu wód ze strony przemysłu, a także E. L. Minkina o prognozie zanieczyszczenia chemicznego lub E. V. Pinnekera o zbliżonej tematyce dla obszaru Syberii, referat amerykański o procesach kształtujących rozmiary zanieczyszczenia w różnych warunkach naturalnych i gospodarczych; oficjalny program badania zanieczyszczeń podano z Belgii, a ochrona wód leczniczych omówiona została dla RFN (K. Fricke); nieco szczegółowszy charakter miały prace o stosowaniu przepisów o ochronie wód w środowiskach krasowych (Francja) oraz o ochronie wód w strefach zasolonych i wysypiskowych w Holandii (W. A. Visser). Odmienny charakter miał referat węgierski, który nie był związany z konkretnym obszarem.

Interesujące były tematy traktujące o wynikach badań lokalnych, rozumianych najczęściej jako reprezentatywne lub regionalne. Francuzi podali metody badań i aparaturę służącą do określania wpływu ścieków z papierni na wody podziemne (J. Aubic), problematykę ochrony wód rejonu miasta Lyon (J. F. Busse), dynamikę hydrochemiczną w środowisku wapiennym (Szampania), modyfikację składu wody w piaskach mezozoicznych Akwitarii (M. Schoeller). O „zanieczyszczeniu” termicznym, jak się już powszechnie mówi, traktował jeden z dalszych referatów francuskich (analiza modelu) i szwajcarski (ograniczenie wód pod rafinerią). O zanieczyszczeniu rejonu Lipska pisał R. Hohl z NRD, a o wpływie kopalni soli potasowych na wody podziemne dyskutowali G. W.



Ryc. 1. Trasy wycieczek X Kongresu Hydrogeologicznego.

I-IV 19-22 IX 1974 r. Punkty 1-19 objaśnione w tekście.



Ryc. 2. Schematyczny przekrój przez zlewnię źródła Saugras koło Montpellier.

1 — wapień, 2 — margle, 3 — jura górna.



Ryc. 3. Rejon źródeł Saint-Clément koło Montpellier, na framudze drzwi widoczny ślad obsunięcia się budynku.

Bogomołow i współpracownicy (ZSRR). W Belgii bada się oddziaływanie zasilania dróg (walka z oblodzeniem) na skład wód. Śledzeniem zróżnicowania chemizmu wód infiltrujących w różnych warunkach w granity alpejskie na paru wybranych poligonach zajmowali się Holendrzy. Migracją związków azotu w wodach podziemnych interesują się specjaliści w Indiach, wykrywając w nich do 1225 mg/l NO_3 (!). W tematyce hydrogeologicznej Indii znajduje się również problem migracji fluoru jako składnika naturalnego w środowisku skalno-wodnym.

W pracach poświęconych sposobom ochrony wód podziemnych, silnie zaakcentowany był aspekt metodyczny, m.in. przez zapory „dynamiczne”. Pomiarom ruchu wody w strefie nienasyconej poświęcono był referat z Instytutu Mechaniki z Grénoble. Kilka prac dotyczyło badań laboratoryjnych, których wyniki muszą być bardzo ostrożnie uogólniane. Francuzi prezentowali w tym zakresie wyniki śledzenia zachowania się strontu w środowisku porowatym, a także rozchodzenia się zanieczyszczeń, na przykładzie zachowania się roztworu CaCl_2 . Holendrzy zwrócili uwagę na biodegradację węglowodorów, która ulegać może przyspieszeniu w odpowiednich warunkach (stosunek tlenu i węgla, mikroflora i in.).

Metodę przedstawienia na mapach zagrożenia wód podziemnych przez zanieczyszczenie pokazywali Francuzi na mapie 1:50 000 regionu Crau oraz hydrogeologdy Czechosłowacji, omawiając specjalną mapę w skali 1:200 000, na której wydzielenia oznaczone barwami i szrafurą wskazują na różny stopień zagrożenia i skalę ostrożności przy ochronie poziomów i ujęć wód podziemnych.

W drugiej zasadniczej grupie problemowej (postępy w modelowaniu) znalazło się 17 prac. Cztery referaty dotyczyły bezpośrednio zagadnień modelowania (wszystkie przedstawione przez Francuzów). Dotyczyły one zastosowania metody dekonwolucji w modelowaniu stosunku opad-przepływ oraz w analizie źródeł, a poza tym problemu współpracy geologa

i informatyka lub matematyka w dziedzinie modelowania, traktując udział pierwszego jako niezbędny. Podchodząc nieco subiektywnie wyróżnić można grupę 7 referatów poświęconych uściśleniu, czy uśrednianiu danych hydrogeologicznych dla modelowania. Prace francuskie dotyczyły użytkowania danych o różnym stopniu wiarygodności, potencjału infiltracji i transportu wód w wapieniach (H. Schoeller), systematyzowania danych granulometrycznych i konstruowania właściwych wykresów. O racjonalniejszym ustalaniu parametru wodoprzewodności (T), redukcji błędów, obróbce statystycznej itp. pisali specjaliści z Włoch i Czechosłowacji (J. Jetel i J. Krasny). Amerykanie wskazali na celowość stosowania metody ^{14}C przy datowaniu wód podziemnych, dla ustalania modeli hydrogeologicznych.

Pozostałe referaty tej grupy były tylko luźno powiązane z modelowaniem. Wspomnieć tu można pracę o roli helu przy ocenie dynamiki wód basenów artezyjskich oraz izotopów tlenu, wodoru i węgla przy określaniu podziemnego zasilania rzek (ZSRR), referaty o wyznaczeniu parametru T (wodoprzewodność) w utworach krasowych przez analizę krzywej wysychania (Jugosławia), wskazanie na parametry termiczne w warstwie wodonośnej służące do jej charakterystyki, a wreszcie rozważanie reprezentatywności punktów obserwacyjnych (Francja). Zupełnie przypadkowo trafił do tej grupy referat z Iranu, traktujący o lokalizowaniu punktów hydrogeologicznych, m. in. na podstawie przesłanek geomorfologicznych.

Ogólnie można zauważyć, że rozpowszechnienie badań modelowych w hydrogeologii przynosi pewne korzyści pośrednie, zmuszając do redukcji opisów na rzecz wyboru konkretnych parametrów pomierzonych,

typowych, uśrednionych czy założonych wstępnie. Większą też uwagę przypisuje się ocenie stopnia wiarygodności danych wyjściowych.

W grupie trzeciej, mieszanej (hydrogeologia regionalna i postępy w hydrogeologii), 4 referaty dotyczyły analizy konkretnych regionów (Hiszpania, Włochy, Togo, Indie), 2 inne zajmowały się metodologią badań na tle prac w danym regionie (źródła krasowe w strefie brzegowej — Jugosławia oraz strategia i metodyka poszukiwań hydrogeologicznych — Mauretania). Referat zgłoszony z Uniwersytetu w Montpellier (J. Abias) dotyczył hydrogeologicznych i paleohydrogeologicznych kryteriów poszukiwań surowców pochodzenia osadowego. Temat podany przez piszącego te słowa należał do kartografii hydrogeologicznej, a mianowicie zagadnienia zasobów wód podziemnych na mapach seryjnych wydawanych arkuszowo.

Dwa referaty dotyczące „teledetekcji” pochodziły z USA (wykorzystanie zdjęć satelitarnych w badaniach hydrogeologicznych w stanie Alabama) oraz z Francji (zdalna termografia w pozaczerwieni dla wykrywania zjawisk wodnych). W obu przypadkach podano konkretne przykłady badań, co umożliwiło ocenę stosowności tych metod, wkraczających obecnie do nauk o Ziemi. W dziedzinie właściwej hydrogeologii wykorzystanie ich ma dotychczas ograniczony zakres, głównie o charakterze pośrednim.

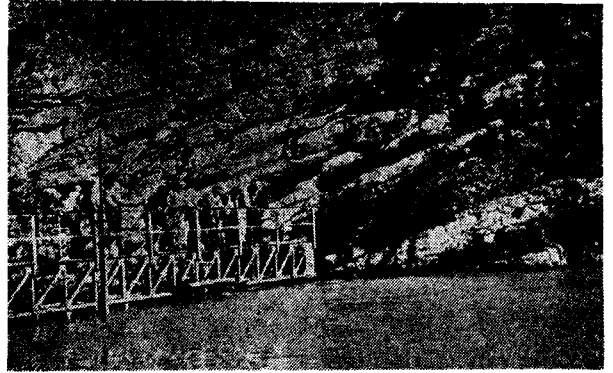
W czasie dyskusji nad problematyką poruszaną w referatach wystąpiły dość silne kontrowersje, m.in. w zakresie reprezentatywności niektórych badań laboratoryjnych i lokalnych, uśredniania parametrów hydrogeologicznych i ekstrapolacji ich wartości, mechanizmu oczyszczania się wód podziemnych itd.

Posiedzenia Zarządu AIH. W trakcie obrad kongresowych odbyły się dwa posiedzenia Zarządu Asocjacji Hydrogeologów. Poza sprawozdaniami z działalności, szerzej debatowano nad przyszłymi sympozjami i kongresami. W 1975 r. przygotowuje się symposium poświęcone wodom w skałach litych (szczelinowatych) niewęglanowych, w Porto Allegre w Brazylii, a następnie spotkanie specjalistów w dziedzinie wód krasowych w stanie Alabama (USA). Ponieważ najbliższy Międzynarodowy Kongres Geologiczny odbędzie w dalekim Sydney (1976), rozważa się możliwość europejskiego spotkania AIH, np. w Budapeszcie. Dużo uwagi poświęcono przedyskutowaniu zmian w statucie asocjacji. Zarząd otrzymał dwa wnioski na piśmie od niżej podpisanego. Dotyczyły one ankietowania priorytetowej problematyki hydrogeologicznej w poszczególnych krajach oraz powoływania „korespondentów” AIH, których zadaniem byłoby dostarczanie materiałów do biuletynu asocjacji.

Wystawa prac hydrogeologicznych. Organizatorzy nie przewidzieli zorganizowania międzynarodowej wystawy prac z okazji kongresu. Ograniczono się do pokazu wybranych opracowań hydrogeologicznych ośrodków w Montpellier oraz zorganizowania stoisk ze sprzedażą pozycji wydawniczych, głównie Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), zasadniczej jednostki francuskiej służby geologicznej oraz uniwersyteckiego Ośrodka Studiów i Badań Hydrogeologicznych (CERH) w Montpellier. W stoiskach tych można też było zapoznać się z wieloma opracowaniami kartograficznymi i opisowymi.

Obecnie istnieją na Uniwersytecie w Montpellier dwa ośrodki z dziedziny hydrogeologii. Starszy, wymieniony już CERH, kierowany jest przez prof. J. Aviasa; drugi, w ramach wydziałanego obecnie Uniwersytetu „Nauk (przyrodniczych) i Techniki”, zakład (Laboratoire) działa pod kierunkiem prof. C. Drogue. Obydwa ośrodki wzięły udział w organizowaniu wycieczek oraz zaprezentowały na wystawie plansze obrazujące przykłady swoich badań.

Z prac CERH obejrzać można było elementy instalacji termicznych przejawów aktywności źródeł podmorskich u brzegów „calanque” Port Miou na wschód od Marsylii oraz efekty zrzutów ścieków w sąsiednim Ciotat. Do badań posłużono się zdjęciami w podczerwieni. Z pomocą Państwowego Centrum Badań Naukowych (CNRS) uniwersytet prowadzi prace w ramach węzłowego problemu zasobów naturalnych



Ryc. 4. Źródła Lez koło Montpellier. Zdjęcia Autora.

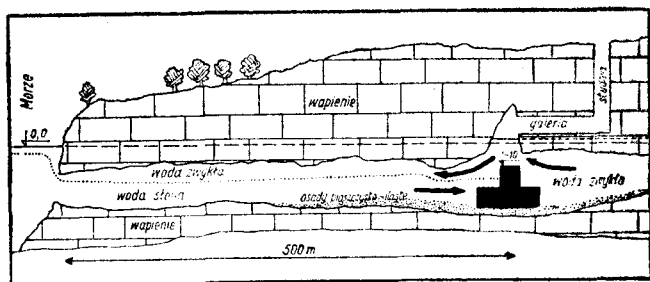
i zagospodarowania regionalnego. Szczegółowe tematy dotyczą tu studiów nad wodami szczelinowymi, rcll paleokrasu, zespołów źródeł, szczególnie strefy Lez, budowy zapór, osuwisk. Plansze wskazywały kierunki badań i ich efekty, a więc fragmenty dokumentacji i monografii, np. dla źródeł Lez zilustrowano drogi krążenia wód krasowych w wapieniach jurajskich i dolnokredowych, ujęcie wód i szczegółowe badania w jego otoczeniu, ustalanie strefy ochrony, w tym i aspekt legislacyjny.

Z przeglądu wydawnictw CERH wynika, że w pracach tego ośrodka duży udział przypada na kartografię hydrogeologiczną wraz z inwentaryzacją zasobów wód. Wydawane są atlasy regionalne (hydrogeologiczne), przeważnie w ramach arkuszy mapy 1:50 000. Jako przykład podać można treść „atlasu” dla arkusza Arles (Prowansja). Pierwsza mapa określona jako „hydrogeologiczna”, zawiera obraz geologiczny, a w legendzie komentarz hydrogeologiczny (np. rola danego piętra w zaopatrzeniu w wodę), na tle słupków stratygraficzno-litologicznych z opisami. Na mapie drugiej widnieją zasięgi pól ryżowych (nawadnianie) oraz powierzchnie piezometryczne; plansza trzecia obejmuje przekroje; potem następuje tekst opisowy, a wreszcie mapy w mniejszych podziałkach („aneksy” — załączniki), dotyczące fizyczno-chemicznych cech wód podziemnych (oporność, zasadowość, Cl, SO₄, twardość wody, a także miejscami zawartość detergentów w wodach, głównie przyrzecznych) oraz opadów. Odrębne są mapy dla świeżych aluwów i dla wód w starszych osadach, w konkretnym przypadku — willafransu. Atlas zawiera zestawienie głównych otworów wiertniczych z opisem i danymi hydrochemicznymi wykres hydrochemiczny oraz spis literatury.

Mniej hydrogeologiczny charakter ma praca uniwersytecka nt. „Metody studium regionalnego zasobów wód w zastosowaniu do zlewni Allier” (Masyw Centralny); w tym bardzo przejrzyste ujęciem opracowaniu zwracają uwagę liczne materiały graficzne, a wśród nich mapy i przekroje.

W pokazie drugiego ośrodka hydrogeologicznego Montpellier uwidoczniło się zaangażowanie w lokalne badania regionu, głównie wód krasowych, przy czym duże znaczenie przypisuje się metodyce i technice badań. Stoisko BRGM nie tylko oferowało do sprzedaży publikacje, ale i prezentowało syntetyczne ujęcia kierunków badań (hydrogeologia urbanistyczna, zasoby wód i ich zagospodarowanie, środowisko strefy nienasyconej). Obejrzać można było nowo wydaną mapę wód mineralnych Francji w skali 1:1 000 000. Zwracały uwagę próby szczegółowych map zagrożenia jakości wód podziemnych w rejonie dolnego Rodanu, w skali 1:50 000.

Jedynym elementem międzynarodowym były krajowe mapy wód mineralnych opracowywane dla przyszłej mapy Europy, w skali 1:1 500 000. Niestety, nieobecność kierowniczo-redakcyjnego sztabu tego problemu nie pozwoliła na miarodajne przedyskutowanie dotychczasowych prac, wykazujących znaczne różnice w sposobie ujęcia treści, sądząc po eksponowanych syntezach z Polski, Bułgarii, RFN, Szwajcarii i Ukrainy (część zachodnia).



Ryc. 5. Strefa przybrzeżna systemu źródeł podmorskich Port-Miou (opracowany na podstawie ilustracji z materiałów informacyjnych).

Wycieczki naukowe. Program wycieczek X Kongresu AIH nastawiony był przede wszystkim na zagadnienia krasu, obejmując rozmaite aspekty badań hydrogeologicznych w skałach węglanowych Langwedocji i Prowansji. Obydwa ośrodki uniwersyteckie Montpellier poszczycić się mogą w tej dziedzinie badań znacznym już dorobkiem, który wnosi wiele nowych elementów do hydrogeologii krasu w ogólności (interpretacja krzywych wezbrań i krzywych wysychania z punktu widzenia roli wielkich „kanałów” krasowych i sieci drobnych szczelin). Brak miejsca nie pozwala na bliższe omówienie ogólnych osiągnięć badawczych, ograniczyć się zatem trzeba do tematyki samych wycieczek.

Pierwszy dzień, poświęcony był niższej części przedpola paleozoicznych Sewennów (Masyw Centralny), silnie nasłonecznionym i słabo zalesionym „garrigues”. Na wstępie zapoznano uczestników ze swego rodzaju laboratorium terenowym, założonym na małej zlewni źródła (nie rzeki) Saugras (ryc. 2, trasa I — p. 1). Ta reprezentatywna zlewnia, o powierzchni zaledwie 0,5 km² (1 km × 0,5 km), zbudowana jest na powierzchni z jeziornych wapieni lutetu, o miąższości do 100 m, podestanych słabo przepuszczalnymi marglami eocenu dolnego i kredy górnej, do 150 m. Poniżej występują wapień jury górnej, które w otoczeniu zlewni Saugras wychodzą na powierzchnię. Morfologicznie zlewnia tworzy wyniesienie ok. 40 m, osiągając 236 m n.p.m. Opady wynoszą 800 mm rocznie. Z trzech istniejących źródeł jedynie Saugras jest stałe. Stacja badawcza wyposażona jest w urządzenia do pomiaru odpływu ze źródeł, piezometri, aparaturę meteorologiczną. Ustala się bilans zlewni, w szczególności badając stosunek opadów do infiltracji. Określono „próg deszczowy”, a więc wielkość graniczną dla deszczów efektywnych z punktu widzenia zasilania wód podziemnych: w okresach suchych granica ta przesuwana się aż do 60 mm, a zaledwie 20% dni deszczowych wywiera bezpośredni wpływ na stan wód podziemnych; są to jednak dni z ulewami, gdyż wydatek źródeł stanowi 40% całości opadów. Odpływ jednostkowy wyniósł w 1966 r. — 13, a w 1967 r. — 10,7 l/s/km².

Kameralnie przedyskutowano „mikrobadań” krasu w wapieniach dolnej kredy na poligonie Terrieu (I-2). Interpretacja tektoniczna charakteru i geometria szczelinowatości wykazuje związek tych elementów z potencjalną przepuszczalnością skały. Poligon Terrieu znajduje się w odległości 4 km od bardzo wydajnych źródeł Lez. Na powierzchni zaledwie 400 m² wykonano kilkanaście otworów małych średnicowych (4”) i jeden studzienny (8”). Długotrwałe pompowanie wraz ze stosowaniem znaczników umożliwiło śledzenie rozwoju depresji i wykazało niejednorodność skał, związaną przede wszystkim z różnicami w szczelinowatości. Wspomnieć można, że pompowanie wywarło wpływ na źródła Lez.

Postój obiadowy zorganizowano w wytwórni win Pic St. Loup koło Saint-Mathieu de Trévières (I-3). Roztaczał się stąd widok na charakterystyczny dwuszczytowy masyw Pic St. Loup (635 m n.p.m) z zamkiem Montferrand.

Głównym punktem programu pierwszego dnia wycieczek było obejrzenie źródeł Sauve, regenerujących

rzekę Vidourle (uchodzącą do Morza Śródziemnego na E od Montpellier). Rzeka ta bierze początek z Sewennów, tworząc w górze zlewnię wśród skał przeważnie nieprzepuszczalnych. Pod Saint-Hippolyte-du Fort wpływa ona w strefę silnie skrasowionych wapieni jurajskich i kredowych, tracąc w ponorze znaczną część swych wód. Na parokilometrowym odcinku staje się Vidourle rzeką okresową, a jej dolinie towarzyszą okresowe źródła. W Sauve (I-4) znajduje się wywierzyisko tej rzeki, co przewidział już dawno E. Martel, a potwierdziły badania barwnikowe. Zespół wpływów osiąga maksymalnie 14 m³/s, z czego na źródło główne przypada 12 m³/s. Średni moduł odpływu wynosi ok. 16 l/s/km², przy zlewni 110 km². Interesujące są zestawienia graficzne przepływu rzeki powyżej krasu oraz wydajności źródeł Sauve. Przy ulewach rzeka wolniej reaguje niż źródła, przewyższając jednak ich wydatek w szczycie opadowym, ustępując im znowu przy opadaniu wezbrania.

System źródeł Sauve był przedmiotem badań wraz z obserwacją kilku ponorów krasowych (avens), z których jeden mieliśmy okazję obejrzeć. Wspomnieć należy, że Vidourle jest obiektem zagospodarowania hydrotechnicznego. W górnym jej odcinku zakłada się zapory przeciwpowodziowe (krótkotrwałe fale osiągają tu do 2000 m³/s!). Projektuje się zaporę w Conqueyrac, tuż powyżej Sauve.

Drugi dzień wycieczkowy skupił uwagę uczestników na źródłach zaopatrujących w wodę Montpellier oraz na dolinie Vis, prawobrzeżnego dopływu Hérault.

Położone w odległości 8 km od Montpellier źródła Saint Clément (II-5) ujęte już były w XVIII w. Wypływają one ze skrasowiałych wapieni lutetu. Samo ujęcie jest obecnie zakryte. Źródła badano w celu ustalenia ich wydajności potencjalnej, prowadząc m. in. pompowanie. Jako uboczne zagadnienie wypłynęło zapadanie się gruntu, będące efektem tego pompowania. Problem ten był żywo dyskutowany; oponenci wyrażali wątpliwości co do takiego reagowania podłoża wapiennego na szczypanie wody. Zdaniem gospodarzy przesunięcia gruntu odbywały się w grubej warstwie zwietrzelin i rumoszu. Na budynku stojącym obok źródeł zauważyć można było ślad zapadania się, którego maksymalny „zrzut” wyniósł w sąsiedztwie aż 6 m (ryc. 3).

Znacznie obfitsze od Saint Clément i widoczne na zewnątrz są położone o kilka km na północ źródła Lez (II-6). Do badań ich przywiązuje się ostatnio duże znaczenie, gdyż chodzi o ewentualne podwyższenie poboru wody dla Montpellier. Skoncentrowanie wypływu znacznych ilości wód, od 0,4 do 12 m³/s (przeważnie 2—6 m³/s) wiąże się z kontaktem skrasowiałych wapieni kredy dolnej (berias) i jury górnej z mało przepuszczalnymi marglami walańzynu. Serie wodonośne osiągają miąższość 800 m. Zlewnia źródła ma powierzchnię 500 km². Pobór wody, trwający od XIX w. wynosi obecnie średnio nieco poniżej 1, a maksymalnie do 1,5 m³/s. Rocznie daje to wielkość 31,5 mln m³ lub 47,3 tys. m³/d. Ze źródeł wylewa się w ciągu roku od 60 do 80 mln m³, a więc potencjał ich znacznie przewyższa pobór, pomijając nawet możliwość wzmocnienia pompowania (czy niższego ujęcia wpływu). Istniejące urządzenia pompowe pozwalają na osiągnięcie depresji jedynie do 7 m, gdy z punktu widzenia hydrodynamicznego dość można do 30 m; otrzymuje się wtedy średnio 1,5 m³/s. Obecne badania idą w dwóch kierunkach — ujęcia wody w naturalnej galerii doprowadzającej odpływ do źródeł oraz ustalenia właściwej strefy ochrony, co w przypadku wapieni jest sprawą skomplikowaną.

Wstępne badania geofizyczne nie dały spodziewanych rezultatów. Speleologicznie zbadano kanały źródłowe na odcinku 200 m, do głęb. 42 m, na której wykryto rozszerzenie systemu galerii. Chodziło teraz o dokładne umiejscowienie na powierzchni terenu studni (szybu), która trafiłaby na to rozszerzenie. Zastosowano w tym celu różne metody badań, m. in. konstruując mapę oporności, która nie dała jednak pozytywnych rezultatów. Najlepsze wyniki

uzyskano z bezpośrednich pomiarów pola elektromagnetycznego, przy wprowadzeniu źródła emisji w podziemnej „sali”.

Następnie, w obwodzie o średnicy 5 m przebito aż 12 otworów do głębokości 80 m, przeprowadzając wszechstronne badania nad krążeniem wód w strefie przyszłej studni, wraz z pompowaniem, tłoczeniem wody, zasalaniem itp. Obecnie opracowuje się wyniki tych badań, prowadząc jednocześnie studia nad zasięgiem ochrony. Na mapie wyróżniono 5 stref podatności na zanieczyszczenie. Zróznicowano zakazy dotyczące obszaru „bezpośredniego”, „bliskiego” i „oddalonego”. Ciekawe są wyniki obserwacji zmian jakości wody ze źródeł. Zawartość Cl wahała się od 0,6 do 3,1 mval/l (21–110 mg/l), SO_4 od 0,4 do 0,6 mval/l (19–29 mg/l), twardość wody od 5,8 do 6,5 mval/l. Widokowo źródła Lez czynią duże wrażenie; woda wypełnia mały zbiornik, a na stromych ścianach otaczających go śledzić można lokalne zaburzenia tektoniczne (ryc. 4).

Ze źródeł Lez droga prowadzi ku Grands Causses, jednego z najświetniejszych regionów krasowych, tworzącego „zatoke” jurajską w Masywie Centralnym. Pokrywa wapienna pocięta jest licznymi uskokami poprzecznymi, a główna dyslokacja oddziela ją od krawędzi masywu. Na powierzchni jest to dziś postrzępiony obszar erozyjny, z głęboko wciętymi gardzielami rzek, m. in. Vis, o stromych ścianach i wąskich dnach z cienkim przykryciem aluwialnym.

Pod Saint Maurice słuchamy objaśnień o tektonice regionu z naturalnym „szkicem” sięgającym po Sewenny (II-7). Przenosimy się nieco w górę Vis i znajdujemy się przy jedynej w swoim rodzaju formie — Cirque de Navacelles. Z plateau spadającego stromą ścianą do doliny Vis widoczny jest w dole, wspaniale zachowany, stary meander tej rzeki otaczający wieś (II-8). Zieleniejące suche „starorzecze” wygląda z wysokości ponad 300 m na niedawno opuszczone przez rzekę, a tymczasem fakt ten nastąpił kilka tysięcy lat temu. Dziś rzeka tworzy wodospad wykorzystywany do celów energetycznych.

Interesujący wykład H. Paloca dotyczył krążenia wód krasowych w tym rejonie. Badania wykazały, iż bardziej skawernowane i wodonośne od wapieni są dolomity. Brak czasu uniemożliwił pełną realizację programu wycieczek kongresowych. Pominięte zostały złoża Pb—Zn kopalni Malines pod Ganges, odcinki gardzieli Vis, grotty i źródła Clamouse oraz inne. Przy zachodzącym słońcu oglądamy miasteczko Ganges i boczną dolinę przy jej wylocie do doliny Hérault. Na stromych krawędziach widoczne są zabytkowe budowle (II-9).

Trzeciego dnia opuszczamy już Langwedocję i udajemy się na E. Czeka nas przejazd przez Crau, Marsylię i morską wycieczka do zatoczek z Port Miou. Droga wiedzie na E, przez Lunel. Na lewo pozostawiamy źródła Perrier, wykorzystywane do wytwarzania jednej z najpopularniejszych wód stołowych we Francji. Przez Nîmes docieramy do Arles, gdzie przekraczamy Rodan, wjeżdżając na równinę aluwialną (pra-Durance) — Crau (III-10). Poziom wodonośny Crau jest bardzo zasobny, a tworzą go materiały gruboziarniste, do kamieni włącznie, o miąższości do 50 m. Ich podłożem są słabo przepuszczalne piaszczynowo-margliste (molasowe) utwory neogenu. Wodoprzewodność sięga tu miejscami 0,5 m²/s; zwierciadło jest z reguły swobodne. Obszar zbiornika Crau (ok. 500 km²) znalazł się na jednym ze szczegółowo opracowanych arkuszy mapy hydrogeologicznej 1:50 000. Przeekspluatowanie wód grozi ich zasoleniem; przekonano się o tym już w XIX w., kiedy znaczny pobór w punkcie oddalonym o 10 km od morza spowodował pojawienie się tam zasolenia. W obecnym stanie potencjał zasobowy Crau wzrósł wskutek nawadniania, dzięki czemu zmniejszyło się niebezpieczeństwo zasolenia odmorskiego. Odpiływ podziemny, kierujący się głównie ku Rodanowi, wynosi od 5 do 7,5 m³/s. Znaczenie nawadniania wodami rzeczniczymi uwydatnia się, gdy weźmie się pod uwagę, że przy opadach poniżej 600 mm rocznie intensywne parowanie pozwala jedynie wodom silnych

ulew docierać do poziomu wód podziemnych. Pobór z obszaru Crau wynosi dziś ok. 1,5 m³/s, a może być co najmniej podwojony.

Wkrótce osiągamy najmłodszy rejon przemysłowy, a raczej przemysłowo-portowy Francji — zespół Fos-sur-Mer (III-11). Na niskim, odwodnionym terenie rozbudowano tutaj w krótkim czasie ogromne centrum rafinerijne, metalowe, chemiczne, elektrotechniczne itp., z całą strukturą komunikacyjną. Cały odcinek wybrzeża, od spokojnego Port-Saint-Louis do Marsylii tworzy od 1966 r. „autonomiczny port marsylski”, uznawany jako „Europort południowy”.

Budownictwo rejonu Fos-sur-Mer było ułatwione dzięki podłożu zwirowemu do 30 m głębokości. Również i warunki zaopatrzenia w wodę są korzystne zarówno dla celów pitnych (wody podziemne), jak i przemysłowych (wody kanału prowadzącego 10 m³/s z Rodanu).

Odcinek Fos—Marsylia stanowi dziś nieprzerwany ciąg zabudowań lub powstających obiektów mieszkalnych. W największym porcie Francji i całego Morza Śródziemnego (III-12) wsiadamy na statek, który płynie do Port-Miou. W zatoce, w pobliżu miasteczka Cassis, na wodzie rozpościera się duża, zielona plama znacząca podmorski wypływ wód krasowych zabarwiony na nasze spotkanie uraniną — przekonywająca ilustracja krasu nadmorskiego (III-13).

Z Cassis udajemy się łodem do wybitej niedawno studni (szybu), w odległości ok. 500 m od brzegu morskiego. Na stacji badawczej liczne plansze z tabelami, wykresami szkicami dotyczącymi obserwacji wód krasowych i interferowania ich z wodą morską. Na dole znajduje się punkt pomiarowy, gdzie rejestruje się stan wody, jej skład i temperaturę.

Podmorskie źródła Port-Miou znane były od dawna, jednak przedmiotem szczegółowych badań stały się dopiero w 1964 r. Zlokalizowano sieć dopływu wody z ładu i punkty wypływu do morza. Następnie wykonano szyb i galerię podziemną. Badaniem tym przyświeca i cel praktyczny — uzyskanie wody dla regionu marsylskiego. Mając to na względzie, skonstruowano zapórę dla wód morskich, wysokości prawie 10 m. Wraz z odwrotną zaporą, w postaci obniżonego występu skalnego, uzyskano rozdział wód zwykłych i słonych, umieszczając punkt badawczy w rejonie sztucznej zapory (ryc. 5).

Z Port-Miou, o zmroku już pniemy się autokarami pod masyw Baume (jura — kreda, 1150 m npm), a następnie Mont Aurélien (jura, 880 m npm), zjeżdżając do miasteczka Saint Maximin, gdzie spędzamy noc w zabytkowym, adaptowanym na hotel dla zjazdów, konferencji itp., budynku dawnego klasztoru. Uroczysta kolacja jest okazją do podsumowania wycieczkowej części kongresu.

Będąca przedmiotem **czwartego dnia** wycieczek dolina Verdon stanowi ostatnio jeden z głównych obiektów zagospodarowania hydrotechnicznego, a ściślej hydroenergetycznego we Francji. Jednocześnie jest to strefa rozwiniętego krasu prowansalskiego, już w granicach pierwszych przedalpejskich łańcuchów mezozoicznych (Alpy Prowansalskie). Całość prac, w tym i badania geologiczne doliny Verdon, prowadzone są przez Electricité de France (EDF), potężnej instytucji z rozbudowaną służbą geologiczną. Zagospodarowanie Verdon, biorącej początek w Alpach Nadmorskich, wiąże się z kaskadą odbiorcy jej wód — rzeką Durance. Na tym lewobrzeżnym dopływie Rodanu będzie już wkrótce 15 zapór z elektrowniami, nie licząc paru dalszych na kanale skierowanym do Jeziora Berre. Na samej Verdon znajdzie się 6 zbiorników, z których połowa jest już czynna. Cały system Durance wraz z Verdon charakteryzować się będzie ok. 1900 MW i 6300 mln kWh.

Zlewnia Verdon liczy 2218 km², co stanowi 16% zlewni Durance. Pod względem geologicznym 1/4 zlewni zbudowana jest ze skrasowiaków wapieni, a ponad 60% obszaru — z utworów słabo przepuszczalnych. Hipsometryczna rozpiętość zlewni wynosi 254–3052 m npm. Głównym obiektem w dolinie Verdon był napełniany obecnie zbiornik Sainte Croix. Wymiary jego (11 × 1,5 km) stawiają go na pierw-

szym miejscu we Francji, objętość zaś (blisko 800 mln m³ wody) na drugim, po Serre Poncon na Durance. Rzędna korony zaporę wynosi 483 m npm, 6 m powyżej średniego stanu wody w zbiorniku.

Z punktu widokowego patrzymy na ogromną powierzchnię wodną. Poza lewobrzeżnym dopływem okresowym leży malownicza miejscowość Bauduen, która nabiera położenia nad „zatoką” jeziora (IV-14). Pod grubą warstwą wody zaginęły już drugie pod względem wielkości wydatku wody (po Vaucluse) źródła we Francji, Fontaine l'Eveque, bijące z wapieni górnej jury (portland). Zalanie ich poprzedziło skrupulatne badanie, z zastosowaniem przy wypływie ciśnienia równego przyszyłej pokrywie wodnej zbiornika. Badanie to wykazało, że system krążenia wód w strefie źródeł (w części ponadzbiornikowej) nie ulegnie istotnym zakłóceniom, a wypływ podwodny, przesunięty świadomie nieco wyżej, utrzyma się w dotychczasowej wielkości, od 2,4 do 7 m³/s. Założono instalacje pozwalające na stałą rejestrację wydatku źródeł.

Przejeżdżamy przez zaporę (IV-15) zbudowaną u wlotu doliny w gardziel masywu Baudinard, w wapieniach portlandu. Tworzy ona łukową konstrukcję betonową, o wysokości 95 m, długości 138 m. W biurze EDF (IV-16) oglądamy materiały ilustrujące badanie i realizację obiektu. Jednym z głównych problemów w fazie projektowania były możliwości ucieczek wody ze zbiornika, co w krasie może przekreślić całą inwestycję. Przeprowadzono liczne badania naturalnego krążenia wód krasowych, posługując się różnymi metodami, w tym i barwnikową. Rejestrowano powierzchniennie piezometryczne, penetrowano galerie podziemne, mierzono ilości wody w wypływach źródłanych, przepływy w potokach i w rzece. Obliczono, że przypuszczalne ucieczki wód, niewiele przekroczą 1,5 m³/s, co stanowi niewielką ilość w stosunku do średniego przepływu Verdon na tym odcinku, wynoszącego 30 m³/s.

Napełnianie zbiornika rozpoczęto 15 XI 1973 r. W pracowni EDF oglądamy wykresy podnoszenia się poziomu wody w jeziorze, diagramy opadów oraz stanów wód w piezometrach i innych punktach obserwacyjnych, a także wydatku źródeł, w tym i podwodnej już Fontaine l'Eveque. Żadne niespodzianki nie zakłócają procesu koronującego dzieła budowy zapory Sainte Croix.

Powracamy na lewy brzeg i pełną serpentyn drogą osiągamy punkt widokowy przy Col d'Illuire (IV-17). Stronne ściany o wysokości 550 m spadają tu

do wąskiej doliny rzeki. Jesteśmy nad Wielkim Kaniionem Verdon, do którego krańca sięgnie zbiornik Sainte-Croix. Z przeciwnej strony śledzimy budowę geologiczną zbocza, widząc powtórzenie się wskutek uskoku białych wapieni portlandu i kimerydu oraz dzielące ich zespoły żółtawych utworów oksfordu-argowu, mniej przepuszczalnych; stąd towarzyszą im źródła. Wzdłuż płaszczyzny uskoku wspina się ukośnie droga. Rzeka płynie obecnie w korycie wyciętym w wapieniach kimerydu. Dolinę Verdon oglądamy jeszcze nieco wyżej (IV-18), a następnie przez nowy most u końca cofki jedziemy przez Mostiers-Sainte-Marie do Vinon (IV-19).

Pokaz wybranych obiektów należących do programu badań hydrogeologicznych krasu langwedocznego i prowansalskiego nasuwa pewne **refleksje ogólne**. Francuzi zawsze przodowali w rozpoznawaniu krasu, właśnie z punktu widzenia wód podziemnych. Podczas wycieczek mogliśmy zobaczyć, że ugruntował się udział badaczy francuskich w czołówce światowej, wydierającej przyrodzie tajemnic krążenia wód krasowych w celu praktycznego wykorzystywania ich zasobów lub zabezpieczania się przed niespodziankami z ich strony przy ujarzmieniu rzek.

Skala badań terenowych jest szeroka, od niemal „laboratoryjnych” do regionalnych, z położeniem nacisku na ścisłe wyjaśnienie poszczególnych rejonów i punktów, co chroni przed nieostrożnym uśrednianiem warunków hydrogeologicznych. Stosowanie wielu metod, od klasycznych do najnowszych, m.in. izotopowych, pozwala na określanie ich wartości i miarodajności w poszczególnych sytuacjach geologicznych i przy różnych celach poszukiwań. Interesujące jest przyznanie dużej roli pompowaniu długookresowemu przy rozpoznawaniu stosunków hydrodynamicznych i wykrywaniu heterogeniczności środowiska skalnego. Metodą barwnikowym przypisuje się znaczenie w badaniach mechanizmu rozszerzania się zanieczyszczeń w wodach krasowych.

Zagadnienia pokazane podczas 4-dniowego objazdu, niemal od Masywu Centralnego po Prealpy, zostały trafnie wybrane, ukazując różnorodność problemów gospodarczych, jakie rozwiązywane są przez hydrogeologów w tej części Francji. Nic dziwnego, że szczególne zainteresowanie i chęć dyskusowania przejawów wód krasowych „in vivo” okazywali przedstawiciele tych krajów, gdzie duże obszary wapienne kryją w sobie poważny potencjał zasobów wodnych.