

Henryk Jacek JEZIERSKI

Wskaźnik efektywności zagospodarowania wód podziemnych jako synteza regionalnego rozpoznania hydrogeologicznego

Przedstawiono metodę zgeneralizowanej prezentacji parametrów hydrogeologicznych decydujących o możliwości eksploatacji wód podziemnych. Część z nich wchodzi bezpośrednio do procedur obliczeniowych lub w postaci wskaźników, a część jest charakteryzowana przez koszty pozyskania i eksploatacji wód. Wynik stanowi wskaźnik efektywności zagospodarowania wód podziemnych — wielkość umożliwiającą kartograficzną syntezę rozpoznania hydrogeologicznego.

WSTĘP

Prezentowany artykuł jest omówieniem głównego nurtu pracy doktorskiej (H. Jezierski, 1990), w której podjęto próbę wyprowadzenia kompilacyjnej metody prezentacji warunków hydrogeologicznych.

Samo ukazywanie wybranych elementów rozpoznania — parametrów filtracji, wydatków jednostkowych lub potencjalnych pojedynczych studni, zasobów odnawialnych czy eksploatacyjnych i jakości wód podziemnych — w sposób wycinkowy charakteryzuje możliwości zaspokajania potrzeb wodnych. Mapy regionalizacyjne, podsumowujące regionalne dokumentacje hydrogeologiczne, oparte są przeważnie na fizycznym kryterium wyznaczania granic i pozbawione są użytecznego charakteru. Nakładanie graficzne kilku elementów rozpoznania napotyka barierę czytelności prezentacji. Wynika z tego potrzeba opracowania zgeneralizowanego wskaźnika. Istnieją próby wyprowadzenia podobnej wielkości (iloczyn głębokości otworu wiertniczego i poziomu dynamicznego zwierciadła, dzielony przez wydajność jednostkową — *Bureau de recherches...*, 1975). Charaktery-

zuje ona wyłącznie pojedyncze studnie i ponadto pomija kompletnie aspekt jakości wód. Również zaprezentowany przez J. J. Collin i in. (1987) sposób — odzwierciedlający w formie zgeneralizowanej: dostępność, możliwości eksploatacji i bezpieczeństwo prognozy zasobowej — ma jednak wszelkie znamiona analizy jakościowej i może być przydatny wyłącznie przy opracowaniach syntetycznych. Ponieważ zarówno cytowane rozwiązania, jak i inne spotykane w literaturze wydały się niezadowolające, podjęto próbę kwantytatywnej charakterystyki maksymalnej liczby elementów decydujących o możliwościach ujmowania wód podziemnych.

ZAŁOŻENIA METODY

1. Stosowanie metody ogranicza się do badań regionalnych.
2. Analiza ukierunkowana jest na poziomy użytkowe zwykłych wód podziemnych.
3. Jako zagospodarowanie wód podziemnych rozumieć się będzie zaspokajanie potrzeb wodnych, czyli organizację w czasie i przestrzeni ujmowania i uzdatniania wód odpowiedniej ilości i jakości.
4. W procesie obliczeniowym przyjmuje się jednakowy standardowy typ ujęcia pionowymi wierconymi studniami głębinowymi.

SPOSÓB SYNTETYCZNEJ CHARAKTERYSTYKI WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Pierwszym elementem podlegającym charakterystyce jest wodonośność, wyrażona w postaci wydajności eksploatacyjnej typowego ujęcia Q_{Euj} [$L^3 T^{-1}$]. Szacunkowo określana była jako iloczyn modułu regionalnych zasobów eksploatacyjnych i powierzchni bloku obliczeniowego (H. Jezierski, 1989) lub na podstawie wydajności potencjalnych pojedynczych studni, których liczba w ujęciu zdeterminowana była zasobnością poziomu wodonośnego (*Grundwasservorkommen ...*, 1980). W prezentowanej metodzie Q_{Euj} definiuje się jako ilość wody z poziomu użytkowego, która mogłaby być wydobyta z uwzględnieniem ograniczeń eksploatacyjnych przy lokalizacji w danym bloku lub rejonie obliczeniowym standardowego ujęcia. Q_{Euj} jest wielkością empiryczną i dotyczy ujęć potencjalnych. Nie powinna być utożsamiana z elementem obliczeniowym regionalnej oceny zasobów (N.N. Bindeman, F.M. Boczewier, 1964).

Q_{Euj} jest formą modyfikacji zasobów odnawialnych, na które nakłada się ograniczenia eksploatacyjne wyrażane w postaci zgeneralizowanych parametrów jakimi są: depresja dopuszczalna S_{dop} [L] i rzeczny przepływ dyspozycyjny $q_{rz\ d\ sp}$ [$L^3 T^{-1}$] (fig.1).

Depresję dopuszczalną w myśl zapisu $S_{dop} \rightarrow \max$ można rozumieć jako wielkość maksymalnego do zaakceptowania z punktu widzenia hydrogeologicznego, ekologiczne-

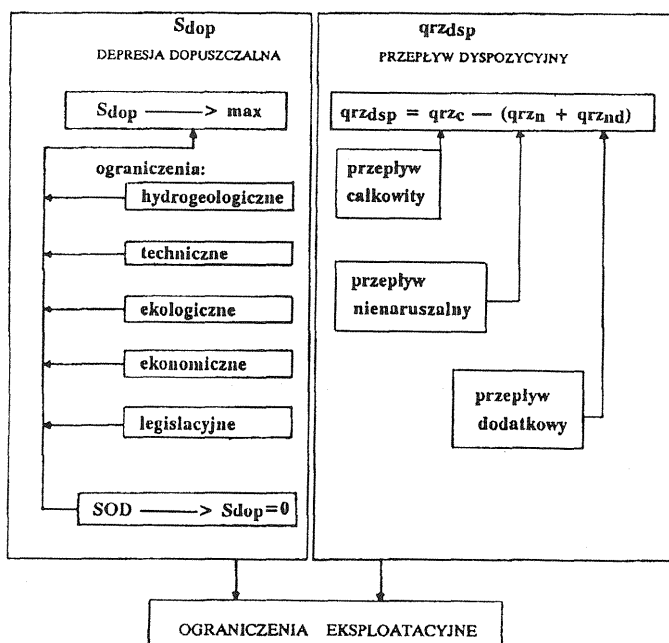


Fig. 1. Sposób charakterystyki ograniczeń eksploatacyjnych

Objaśnienia symboli w tekście

Means of the characteristics of exploitation limitations

Explanations of symbols in the text

go, technicznego, legislacyjnego i ekonomicznego obniżenia zwierciadła wody w trakcie eksploatacji poziomu wodonośnego.

Składowymi S_{dop} oprócz szeroko omawianych w literaturze ograniczeń będących funkcją miąższości warstwy wodonośnej lub naporu (np.: *Atlas zasobów...*, 1976; H.R.Langguth, R.Voigt, 1980; T.Macioszczyk, B.Kazimierski, 1989), są te, które zapewniają:

- uwzględnienie technicznych możliwości ujmowania wód;
- ochronę interesów istniejących użytkowników wód podziemnych;
- zachowanie dotychczasowej jakości wód podziemnych.

Dodatkową funkcją depresji dopuszczalnej jest odzwierciedlenie w postaci warunku $S_{dop}=0$ obszarów o ograniczonej dostępności do wód podziemnych (*SOD*). Przy wyznaczaniu *SOD* uwzględnia się aspekty: prawno-ekologiczny obszarów chronionych, technicznej niedostępności terenu, braku możliwości zapewnienia stref ochronnych oraz gospodarczy w odniesieniu do działalności rolniczej.

Dobór S_{dop} na poziomie zapewniającym równowagę hydrodynamiczną, w przypadku szczelinowych i krasowych systemów krążenia, ograniczy dopływ do strefy podziemnej

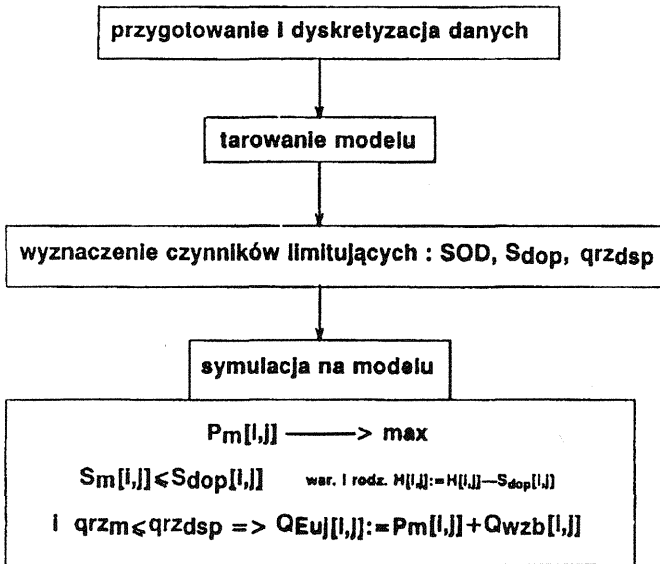


Fig. 2. Schemat oceny wydajności typowego ujęcia metodą modelowania

Objaśnienia symboli w tekście

Scheme of evaluation of the standardized groundwater well field using the method of modelling

Explanations of symbols in the text

wód powierzchniowych złej jakości. Jest to wprawdzie jeszcze przypadek rzadko spotykany, aby wody powierzchniowe zagrażały wodom podziemnym, ale należy zasygnalizować możliwość jego uwzględnienia. Częściej eksploatacja wód podziemnych prowadzi do uszczerbku wielkości przepływu w ciekach. Dla tych przypadków przepływ nienaruszalny (H.Kostrzewa, 1977) $grz_n [L^3 T^{-1}]$, popularny przy ocenie zasobów dyspozycyjnych (S.Krajewski 1980), nie może być jedynym kryterium wyznaczania przepływu rzeczno dyspozycyjnego qrz_{dsp} . Uzupełnienie powinien stanowić przepływ dodatkowy $qrz_{nd} [L^3 T^{-1}]$ (fig.1), uwzględniający bezzwrotne zużycie wód z ujęć powierzchniowych, zapewniający żeglowność rzek i przepływy gwarantowane w zbiornikach retencyjnych oraz gwarantujący zachowanie jakości wód w danej klasie przez odpowiednie rozcieńczanie ścieków (M.Zajbert, 1987). Przepływ dyspozycyjny qrz_{dsp} jest więc maksymalną możliwą redukcją przepływu rzeczno w następstwie eksploatacji wód ze strefy podziemnej.

Uwzględnienie qrz_{dsp} możliwe jest w jednej z dwu rekomendowanych metod oceny QEu_j , tj. w metodzie symulacji na modelu.

W typowym zadaniu modelowym mamy do czynienia z określonym zapotrzebowaniem, przy ogólnie zarysowanej lokalizacji. Przy braku konkretnych odbiorców, a więc w omawianym przypadku, etapy przygotowawcze (fig.2) pozostają identyczne jak przy zadaniu konwencjonalnym. Różnice pojawiają się w fazie symulacji. Jest to proces mak-

Tabela 1

Wyniki oceny efektywności dla konkretnych ujęć

Miejscowość	Poziom	Q_{Euj}^p m ³ /h	Q_{Est}^p m ³ /h	g^l m	Fe mg/dm ³	E
Krępiec	K ₂	840	250	90	0,1	0,22
Lubaczów	Q	200	70	33	0,4	0,28
Zamość (ujęcie miejskie)	K ₂	254	120	90	0,2	0,28
Milejów	Q	78	74	63	0,01	0,32
Tomaszów Lubelski	K ₂	58	72	47	0,01	0,32
Zamość (zakłady mięsne)	K ₂	180	96	80	2,2	0,32
Lubiniec St.	Q	65	33	32	3,2	0,36
Poniatowa	K ₂	66	30	48	2,54	0,37
Udrysze	K ₂	47	50	130	0,05	0,40

symulacji poboru $P_m[i,j]$ [$L^3 T^{-1}$], w każdym bloku oddzielnie (bez uwzględnienia współdziałania), z zachowaniem ograniczeń nie przekraczania:

- depresji dopuszczalnej $S_{dop}[i,j]$ przez depresję symulowaną $S_m[i,j]$ [L];
- przepływu dyspozycyjnego q_{rzdsp} przez symulowaną redukcję przepływu rzeczno-go q_{rzm} [$L^3 T^{-1}$].

Dla technicznego usprawnienia procesu obliczeniowego ograniczenie rozwoju depresji, jako pierwsze przybliżenie, może być wyznaczone przez zadanie w bloku $[i,j]$ warunku I rodzaju z wysokością zwierciadła wody $H[i,j]$ [L], będącą różnicą stanu wytarowanego i wartości $S_{dop}[i,j]$.

Po spełnieniu obu warunków pobór symulowany można uznać za odpowiadający Q_{Euj} i wielkość tę można zwiększyć o zasoby wzbudzone $Q_{wzb}[i,j]$ [$L^3 T^{-1}$], jeżeli istnieją podstawy do ich szacowania.

Mając wytarowany model i czynniki limitujące w postaci SOD , S_{dop} , q_{rzdsp} , można otrzymać wartości wydajności typowych ujęć w każdym bloku.

W przypadku, gdy stopień rozpoznania hydrogeologicznego czy hydrologicznego jest niewystarczający lub gdy nieopłacalne jest z punktu widzenia oczekiwanych wyników stosowanie modelowania, można szacować Q_{Euj} wzorami analitycznymi. Ocena ta ma charakter przybliżony. Wychodzi z formuł określających wydajność ujęć zespołowych i zakłada pokrycie Q_{Euj} z zasobów odnawialnych (reprezentowanych przez moduł mZ_{odn} [$L^3 T^{-1} L^{-2}$]) oraz stały promień zastępczy r_o [L] (fig.3).

Zastosowanie w programie ZANAL metody kolejnych przybliżeń pozwala otrzymać wyniki: wydajność typowego ujęcia i zasięg oddziaływania R [L], utożsamiany z obsza-

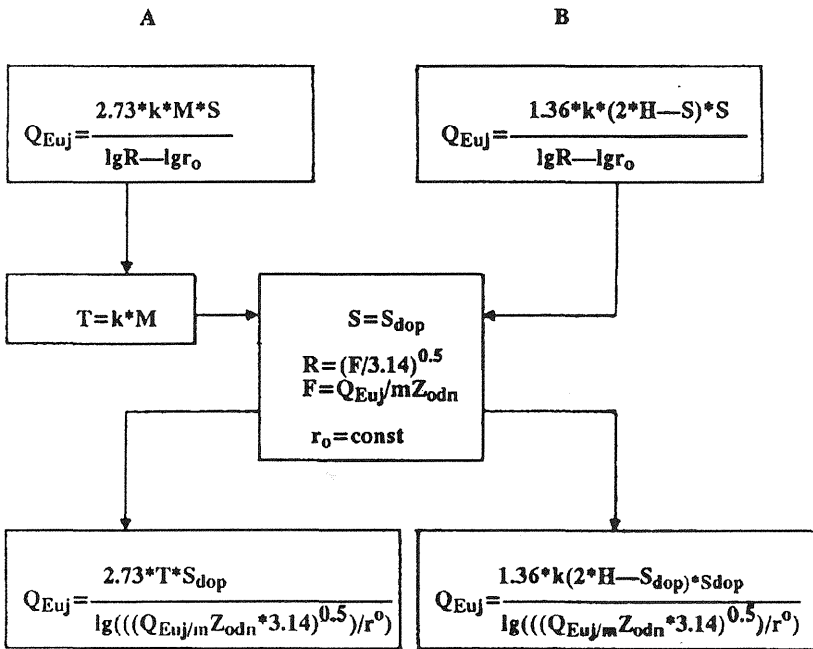


Fig. 3. Schemat oceny wydajności typowego ujęcia metodą analityczną: A — w warunkach zwierciadła naporowego, B — w warunkach zwierciadła swobodnego; pozostałe objaśnienia symboli w tekście

Scheme of evaluation of the yield of standardized groundwater well field using the analytical method: A — in confined aquifer, B — in unconfined aquifer; other explanations of the symbols in the text

rem $F [L^2]$ pokrycia Q_{Euj} przez zasoby odnawialne. Dane stanowią: depresja dopuszczalna i moduł zasobów oraz dla warunków o zwierciadle swobodnym: współczynnik filtracji $k [L T^{-1}]$ i wysokość zwierciadła wody nad spągiem warstwy wodonośnej $H [L]$; dla warunków naporowych — współczynnik przewodnictwa wodnego $T [L^2 T^{-1}]$.

Tak więc z obu metod — modelowej i analitycznej — otrzymuje się charakterystykę wodonośności, która jest funkcją parametrów filtracyjnych warstwy wodonośnej, zasobów i ograniczeń eksploatacyjnych.

Do reprezentacji kolejnych elementów wykorzystano rachunek ekonomiczny. Regionalną ocenę kosztów ujęcia i eksploatacji wód podziemnych zapoczątkowało wydanie w 1971 r. mapy dla obszaru Francji (M. Albinet i in., 1971). W tej i następnych pracach BRGM bazę do analizy stanowiły ankiety z pojedynczych, istniejących ujęć, a ocena kosztów stanowiła cel samodzielnej prezentacji.

W proponowanej metodzie powierza się kosztom rolę pośredniego elementu obliczeniowego. Korzystając ze zgeneralizowanych materiałów, Centrum Techniki Budownictwa Komunalnego (poziom cen z 1984 r.), określa się korelacyjne zależności wskaźnika kapitałochłonności k_{wg} w funkcji głębokości horyzontu wodonośnego $gl [L]$ i k_{wu} w funkcji Q_{Euj} (fig. 4). Przyjęto jako reprezentację j a k o s c i

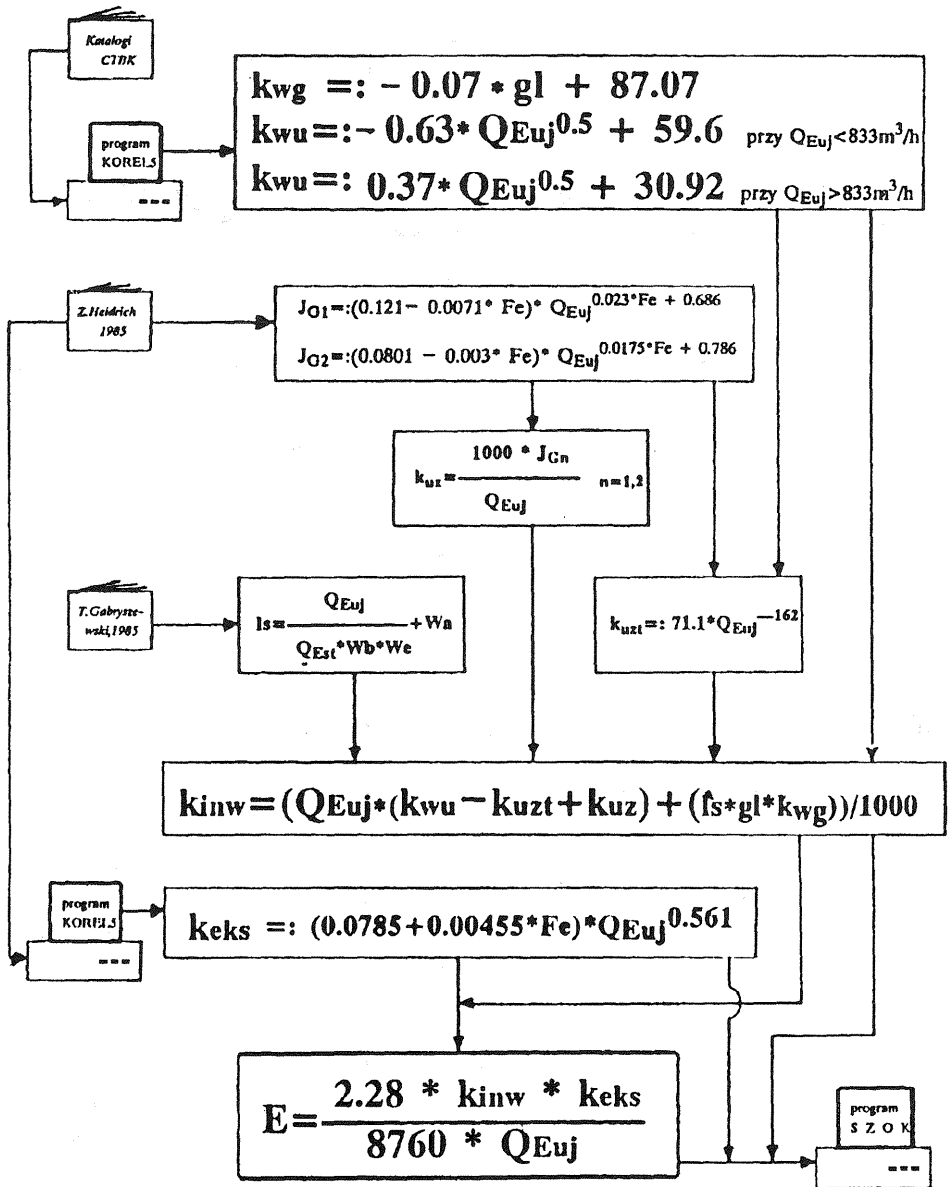


Fig. 4. Schemat oceny wskaźnika efektywności zagospodarowania wód podziemnych

Objaśnienia symboli w tekście

Scheme of the evaluation of the effectivity index of groundwater development

Explanations of symbols in the text

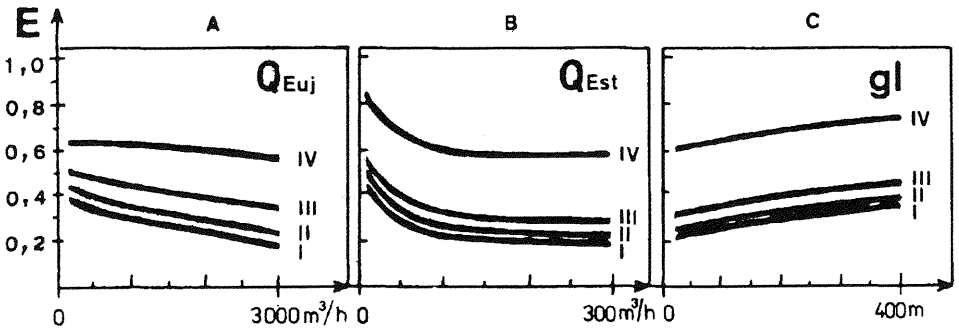


Fig. 5. Odzwierciedlenie zmian warunków hydrogeologicznych w wartości wskaźnika efektywności zagospodarowania wód podziemnych

Charakterystyka E : A — przy zmiennej wydajności typowego ujęcia i stałych $Q_{Est}=100 \text{ m}^3/\text{h}$ i $gl=30 \text{ m}$, B — przy zmiennej wydajności typowego otworu i stałych $Q_{Euj}=1000 \text{ m}^3/\text{h}$ i $gl=50 \text{ m}$, C — przy zmiennej głębokości horyzontu wodonośnego i stałych $Q_{Euj}=1000 \text{ m}^3/\text{h}$ i $Q_{Est}=100 \text{ m}^3/\text{h}$; I–IV — klasy jakości wód podziemnych

An effect of hydrogeological conditions on the value of effectivity index (E) for the development of the groundwater

Characteristics of E : A — variable yield of well field (Q_{Euj}) and stable $Q_{Est}=100 \text{ m}^3/\text{h}$ and $gl=30 \text{ m}$, B — well-differentiated yield (Q_{Est}) and stable $Q_{Euj}=1000 \text{ m}^3/\text{h}$ and $gl=50 \text{ m}$, C — varying depth-to-aquifer (gl) and stable $Q_{Euj}=1000 \text{ m}^3/\text{h}$ and $Q_{Est}=100 \text{ m}^3/\text{h}$; I–IV — classes of the groundwater quality

podziemnych wskaźnik zawartości żelaza $\text{Fe} [ML^{-3}]$ w wodzie. Wielkość ta jest powszechnie oznaczana. Decyduje bezpośrednio o kosztach uzdatniania wód i istnieje udokumentowanie tej zależności (Z. Heidrich, 1985), pozwalające określić nominalne nakłady inwestycyjne na uzdatnianie wód JG_1 (proste), JG_2 (skomplikowane) i przejść na wskaźniki kapitałochłonności uzdatniania k_{uz} , k_{uzt} .

Szacowanie liczby studzien w ujęciu ls w funkcji wydajności potencjalnej typowej studni $Q_{Est} [L^3 T^{-1}]$ i wydajności typowego ujęcia Q_{Euj} z uwzględnieniem interferencji (Wb), oporów dodatkowych w trakcie eksploatacji (We) i konieczności budowy studzien awaryjnych (Wa) — T. Gabryszewski, A. Wiczysty (1985) — pozwoliło, w połączeniu ze wskaźnikami kapitałochłonności, na określenie kosztów inwestycyjnych k_{inw} (fig. 4). Stanowią one, wraz z kosztami eksploatacyjnymi k_{eks} , syntetyczną charakterystykę kolejnych parametrów hydrogeologicznych. Rosną, gdy rośnie gl i Fe , a maleją wraz ze wzrostem Q_{Est} . Wyliczane są w programie SZOK (H. Jeziński, 1989) i pozwalają na ocenę wskaźnika efektywności zagospodarowania wód podziemnych E (fig. 4).

Wskaźnik efektywności E , będący funkcją wodonośności i kosztów, odzwierciedlających pozostałe istotne elementy hydrogeologiczne, jest wielkością różnicującą przy badaniach regionalnych obszary ze względu na perspektywiczność eksploatacji wód podziemnych.

Im niższa wartość E , tym bardziej interesujący rejon lub poziom dla ujmowania wód podziemnych. Tab. 1 ukazuje zakres zmienności oraz przykład klasyfikacji istniejących

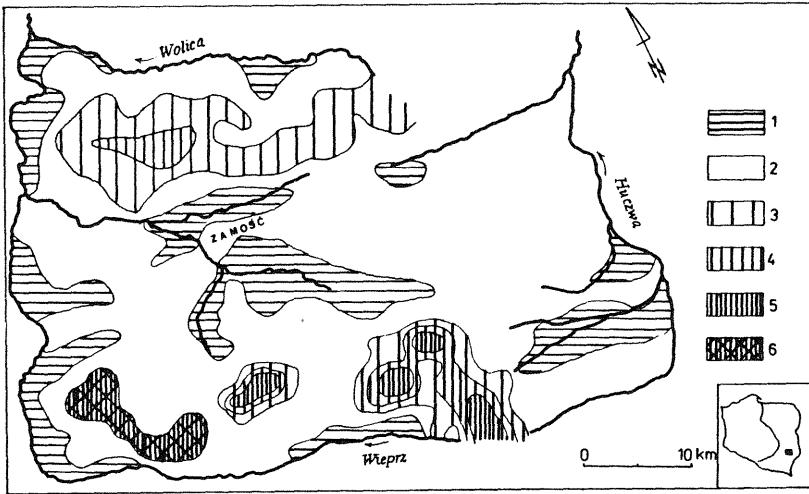


Fig. 6. Mapa wskaźnika efektywności zagospodarowania wód podziemnych

Wskaźnik E (regionalna możliwość zagospodarowania wód): 1 — $< 0,3$ (wysoka), 2 — $0,3-0,4$ (średnia), 3 — $0,4-0,5$ (stosunkowo niska), 4 — $0,5-0,8$ (niska), 5 — $0,8-2,0$ (bardzo niska), 6 — $> 2,0$ (strefa ograniczenia dostępności)

Map of the effectivity index (E) for the development of the groundwater

Index E (regional possibility of the development of water): 1 — < 0.3 (high), 2 — $0.3-0.4$ (middle), 3 — $0.4-0.5$ (rather low), 4 — $0.5-0.8$ (low), 5 — $0.8-2.0$ (very low), 6 — > 2.0 (zone of limited availability)

ujęć według rosnącego E . Dane pochodzą z południowo-wschodniej Polski, z regionu kredy lubelskiej.

Wpływ danych wejściowych na wskaźnik E ilustruje fig. 5. Oprócz ogólnych tendencji wzrostu E wraz z głębokością horyzontu wodonośnego i pogarszaniem się jakości oraz zmniejszaniem się E w przypadku wyższych wydajności Q_{Euj} i Q_{Est} , uwypuklił się szczególnie spadek wskaźnika efektywności w przedziale wydajności potencjalnych pojedynczych studni $Q_{Est} < 75 \text{ m}^3/\text{h}$.

Podstawową formą prezentacji efektywności zagospodarowania jako wskaźnika E jest kartograficzne ukazanie jego zmienności. Przykład takiego właśnie ujęcia w skali 1:200 000 dla międzyrzecza górnego Wieprza i Huczwy zawiera praca H. Jezierskiego (1990). Zgeneralizowany obraz tego rejonu przedstawia fig. 6. Wiernie oddaje on regionalną zmienność warunków hydrogeologicznych, podkreślając typowy dla analizowanego obszaru, preferowany charakter dolin rzecznych w stosunku do stref wododziałowych.

Przy konkretnym zestawie danych wejściowych jest więc E indukcyjnym wskaźnikiem rozpoznania hydrogeologicznego — miarą możliwości zaspokajania potrzeb wodnych.

PROPOZYCJE ZASTOSOWANIA WSKAŹNIKA *E*

1. Wskaźnik *E*, ukazując preferowane do eksploatacji rejony lub horyzonty, ma charakter ogólnoinformacyjny.

2. Pozwala na przekazywanie informacji użytkownikom w formie nie wymagającej zagłębiania się w złożone dla nieprofesjonalistów zagadnienia oceny zasobów i charakterystyki środowiska wód podziemnych.

3. Szczególnie przydatny może się okazać wskaźnik *E* przy analizowaniu skomplikowanych warunków hydrogeologicznych, o dużej różnokierunkowej zmienności danych wejściowych. Dla struktur wielowarstwowych, wyliczany dla każdego poziomu, pozwala dokonać rozdziału horyzontów na bardziej i mniej perspektywiczne. Wyniki mogą być prezentowane na mapie jednopłaszczyznowej.

4. Ostatnio obserwuje się tendencję do bardzo znacznego wzrostu objętości regionalnych dokumentacji hydrogeologicznych. Zastosowanie wskaźnika *E* jako aneksu lub podsumowującego załącznika, utworzyłoby pomost w stronę całościowego, bezpośrednio dostępnego ujęcia efektu rozpoznania szczegółowego. *E* jest łatwy do wyliczenia na podstawie danych zawartych w rutynowych dokumentacjach. Niewielka pracochłonność zadania, realizowanego za pomocą programu SZOK, powinna być zachętą do tej dodatkowej możliwości prezentacji warunków hydrogeologicznych.

5. Wskaźnik efektywności zagospodarowania wód podziemnych mógłby stać się osnową odrębnej systematyki regionalnej uwzględniającej użytkowy charakter i aspekt techniczno-ekonomiczny.

6. Wskaźnik *E* powinien być jednym z podstawowych elementów prezentowanych w informatycznym banku danych o zasobach wód podziemnych. Aktualnie istnieje pilna potrzeba i możliwości utworzenia w Polsce takiego systemu.

7. Kontynuacją zagadnień syntetycznej prezentacji warunków hydrogeologicznych jest klasyfikacja zbiorników wód podziemnych ze względu na efektywność zagospodarowania, w oparciu o metodę optymalizacji wielokryterialnej (H. Jeziński, w druku). Umożliwia ona dowolne określenie liczby i typu danych wejściowych (np. głębokość horyzontu pozwala interpretować jako miarę bezpieczeństwa jakości wód, a nie wskaźnik dostępności, jak w proponowanej tu metodzie).

Zakład Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
Państwowego Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 17 lipca 1990 r.

PIŚMIENNICTWO

- ALBINET M., DELAROZIERE-BOUILLIN O., BOURGUET L., DREYFUSS A. (1971) — Carte du coût moyen du captage et de l'exploitation de l'eau souterraine en France. Ministère de la protection de la nature et de l'environnement. et BRGM.
- ATLAS ZASOBÓW ZWYKŁYCH WÓD PODZIEMNYCH I ICH WYKORZYSTANIE W POLSCE. Część I. Zasoby zwykłych wód podziemnych (1976) — Inst. Geol. Warszawa.
- BINDEMAN N. N., BOCZEWIAR F. M. (1964) — Regionalna ocena eksploatacyjnych zasobów piersnych podziemnych wód. *Sow. Geol.*, 1, p. 65—78.
- BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIERES (1975) — Notices explicatives de Cartes de planification pour l'exploitation des eaux souterraines de l'Afrique Sahélienne.
- COLLIN J.J., MARTAT J., MOUSSIE B. (1987) — La cartographie des eaux souterraines assistée par ordinateur: un mode d'expression et d'aide aux décisions au service des hydrogéologues et des planificateurs. XXI Congrès d'AIH. Rome.
- GABRYSZEWSKI T., WIECZYSTY A. (1985) — Ujęcia wód podziemnych, p. 47—187. Arkady. Warszawa.
- GRUNDWASSERVORKOMMEN IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1980) — Schriftenreihe des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. 06.043. Bonn.
- HEIDRICH Z. (1985) — Aspekty techniczno-ekonomiczne oczyszczania wód. *Ochrona Środowiska*, nr 463/2—3. Wyd. Pol. Zw. Inż. Tech. San. Wrocław.
- JEZIERSKI H. (1989) — Ocena kosztów zagospodarowania wód podziemnych programem SZOK jako element uzupełniający regionalne badania hydrogeologiczne. *Tech. Poszuk. Geol. Geosynop. Geoter.*, 3, p. 39—42.
- JEZIERSKI H. (1990) — Teoretyczne podstawy regionalnej oceny efektywności zagospodarowania wód podziemnych. *Arch. Państw. Inst. Geol. Warszawa*.
- JEZIERSKI H. (w druku) — Klasyfikacja warunków hydrogeologicznych przy pomocy metody optymalizacji wielokryterialnej.
- KOSTRZEWA H. (1977) — Weryfikacja kryteriów i wielkości przepływu nienaruszalnego dla rzek Polski. IMiGW. Materiały Badawcze. Seria: Gospodarka Wodna i Ochrona Wód.
- KRAJEWSKI S. (1980) — Odnawialność a dyspozycyjność zasobów wód podziemnych kredy lubelskiej. W: *Współczesne problemy hydrogeologii regionalnej*, p. 7—17. Sympozjum. Jachranka.
- LANGGUTH H. R., VOIGH R. (1980) — *Hydrogeologische Methoden*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- MACIOSZCZYK T., KAZIMIERSKI B. (1989) — Kryteria stopnia szczypania zasobów wód podziemnych jako podstawa syntetycznego uwzględnienia ograniczeń przyrodniczych w modelach systemów regionalnych. *Wydz. Geol. UW*.
- ZAJBERT M. (1987) — Uwzględnienie zanieczyszczenia wód w ocenie ilościowej dyspozycyjnych — użytecznych zasobów wodnych. *Gosp. Wod.*, 3, p. 66—68.

PROGRAMY KOMPUTEROWE

- KOREL 5 — Jezierski H. (1986) — IBM PC. Zakł. Hydrogeol. i Geol. Inż. PiG. Warszawa.
- SZOK — Jezierski H. (1987) — IBM PC. Zakł. Hydrogeol. i Geol. Inż. PiG. Warszawa.
- ZANAL — Jezierski H. (1987) — IBM PC. Zakł. Hydrogeol. i Geol. Inż. PiG. Warszawa.

Henryk Jacek JEZIEŃSKI

THE EFFECTIVITY INDEX OF GROUNDWATER DEVELOPMENT
AS A SYNTHESIS FOR THE REGIONAL
HYDROGEOLOGICAL SURVEY

S u m m a r y

In the regional hydrogeological investigations, the need for the synthetic representation of the hydrogeological conditions is evident. Therefore, a new parameter has been proposed, which is characterizing in the synthetic way the elements deciding on the potential groundwater development. One of input in the analysis is the yield of the standardized groundwater well field. It combines the hydraulic parameters of the aquifer natural and induced renewability of resource the limitations to the groundwater development, in term of a permissible drawdown and the available river flow. The estimation of the yield of standardized groundwater well field can be made using the mathematical modelling. The introduction of the analytical equations simplifies the evaluation of this parameter. They modify the formula for the inflow to the multi-well water intake, assuming the balance between yield and renewability.

The successive hydrogeological parameters are characterized by the investment and operational costs. The increase of the costs is connected with the increase of the depth to the aquifer, diminishing of well yield and diminishing of the quality of the groundwater. The quality is expressed in classes or characterized by the amount of iron in water.

The effectivity index of the development of the groundwater is a parameter, which characterizes all these input data. It is the function of the yield of the typical water intake and the costs. It may be shown in the cartographic form. It should be the summary of the regional hydrogeological documentation. It can be useful in the computerized data banks about the groundwater resources. It may become the base of the regional systematics, which is taking into the consideration the useful character of the water. The evaluation of the effectivity index is very quick when it is done using the special computer program (IBM PC computer)