

SZCZEGÓŁOWY MODEL STRUKTURY 3D ZBIORNIKA GZWP GLIWICE NR 330

HIGH-RESOLUTION 3D STRUCTURAL MODEL OF MAJOR GROUNDWATER BASIN (MGWB) GLIWICE NO 330

SŁAWOMIR SITEK¹, ANDRZEJ KOWALCZYK¹, ZBIGNIEW MAŁOLEPSZY¹

Abstrakt. Tworzenie wielowarstwowych modeli numerycznych w systemach krasowo-szczelinowych napotyka na duże problemy w wiarygodnym odwzorowaniu układu krążenia wód podziemnych, już na etapie modelu koncepcyjnego. Sposób przedstawiania geometrii ośrodka hydrogeologicznego w oparciu o dwuwymiarową mapę geologiczną, wybrane przekroje i otwory geologiczne bez szczegółowej interpretacji wgłębnej, często skomplikowanej budowy geologicznej, może być niewystarczający. Zastosowanie nowoczesnych metod trójwymiarowej kartografii do przedstawienia wgłębnej budowy geologicznej, przy wykorzystaniu specjalistycznego oprogramowania typu Earth Vision pozwala na lepsze jej odwzorowanie i zrozumienie. W pracy opisano wykonany model budowy geologicznej wielowarstwowego systemu wodonośnego, którego głównym elementem jest GZWP Gliwice, o powierzchni 392 km², wyodrębniony w węglanowym kompleksie wodonośnym triasu. Możliwość odwzorowania struktury geologicznej zbiornika, w tym w szczególności licznych rowów i zrębów tektonicznych, wpłynie znacząco na poprawność dyskretyzacji ośrodka hydrogeologicznego w modelu przepływu wód podziemnych FeFlow.

Słowa kluczowe: modelowanie wód podziemnych, model geologiczny, wielowarstwowy model hydrogeologiczny, wizualizacja 3D.

Abstract. Construction of multilayer numerical models in a karst-fractured medium creates big difficulties in the correct and credible presentation of groundwater flow systems. Presentation of geometric groundwater medium using data from 2D geological maps, bore holes and geological cross-sections can be insufficient without acute interpretation of deep geological structure. Applications of new techniques of computer 3D geological modelling helps better mapping and understand deep geological structure. In the paper 3D geological model of MGWB Gliwice is presented. Geological model has been developed using Earth Vision software. Possibility of presenting 3D hydrogeological formation in geological structure model with many horsts and grabens separated by faults will be have significantly influenced on correctness digitizing hydrogeological medium structure in the flow model FeFlow.

Key words: groundwater modelling, geological model, multilayered aquifer, 3D visualization.

WSTĘP

Mimo różnorodnych techniki modelowania numerycznego w skałach litych (Jinga, Hudson, 2002) jego rezultaty w złożonych systemach wodonośnych, nader często bywają niezadowolające. Główną przyczyną jest zbyt daleko posunięta generalizacja polegająca na nadmiernym uproszczeniu przedstawienia sposobów filtracji i transportu zanieczyszczeń w skomplikowanych systemach wodonośnych. W ni-

niejszej pracy przedstawiono sposób zwiększenia wiarygodności budowanych modeli hydrogeologicznych dzięki zastosowaniu metod wykorzystywanych w rozwijającej się trójwymiarowej kartografii geologicznej (Małolepszy, 2005) na przykładzie krasowo-szczelinowo-porowego głównego zbiornika wód podziemnych Gliwice nr 330.

¹ Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; e-mail: slawomir.s.sitek@us.edu.pl

OPIS OBSZARU BADAŃ

Główny zbiornik wód podziemnych (GZWP) Gliwice nr 330, położony jest w zachodnio-centralnej części województwa śląskiego (fig. 1), pomiędzy Gliwicami na południu, Zabrzem na wschodzie, Tarnowskimi Górami na północnym-wschodzie oraz Toszkiem na północnym-zachodzie. Granice zbiornika mają charakter hydrodynamiczny na północy i częściowo na wschodniej granicy gdzie GZWP Gliwice sąsiaduje z innymi triasowymi GZWP, tj. GZWP Lubliniec–Myszków i GZWP Bytom. W części północno-zachodniej i południowej granice mają charakter geologiczno-strukturalny, natomiast pozostałe mają charakter umowny. GZWP Gliwice nr 330 zajmuje powierzchnię około 392 km².

BUDOWA GEOLOGICZNA

GZWP 330 położony jest na styku dwóch jednostek strukturalnych: zapadliska górnośląskiego i na niewielkim fragmencie jednostki śląsko-morawskiej na północnym-zachodzie. Utwory podścielające osady triasowe są wieku karbońskiego, a w skrajnie północno-wschodniej części wieku permjskiego (Kotlicki, 1980). W profilu triasu możemy wyróżnić trzy główne formacje litostratygraficzne: terygeniczne osady triasu dolnego, węglanowe utwory retu i wapienia muszlowego tworzące zbiornik GZWP Gliwice, oraz nieznaczne płyty mułowcowo-iłowcowego triasu górnego w północnej części badanego obszaru (Kotlicki, 1980; Kowalczyk, 2003).

Utwory węglanowe triasu odsłaniają się na powierzchni terenu w północnej i wschodniej części omawianego GZWP. Strop ich zapada na południowy-zachód, gdzie zostały przykryte młodszymi osadami miocenu i czwartorzędu. Rzędne stropu triasu węglanowego są bardzo zróżnicowane od 317 m n.p.m. na wychodniach do 25 m n.p.m. w rowach tektonicznych. Maksymalna miąższość zbiornika osiąga 200 m (Rózkowski, Wilk, red., 1980; Kowalczyk, 2003). Osady miocenu przykrywające skały zbiornikowe występują jedynie w zachodniej i południowo-wschodniej części zbiornika. Ich miąższość wzrasta do 150 m w rowie tektonicznym Pyskowic (Kowalczyk, 2003 za Jura, 2001). Osady czwartorzędu wykazują dużą zmienność litologiczną, a ich miąższość wzrasta w strefach współczesnych i kopalnych dolinach rzecznych maksymalnie do 40 m.

TEKTONIKA

Obszar GZWP nr 330 charakteryzuje się tektoniką blokową. Obserwuje się dwa systemy uskoków. Prawdopodobnie starszy z nich o przybliżonym przebiegu N–S związane z orogenezą laramijską o amplitudzie zrzutu nieprzekraczającej kilkudziesięciu metrów. Większe zrzuty są charakterystyczne dla uskoków o przebiegu zbliżonym do równoleżnikowego. Rozcinają one płytę mezozoiczną na rowy i zręby tworząc skomplikowany układ strukturalny (Rózkowski, Wilk, red., 1980; Jura, 2001; Kowalczyk, 2003).

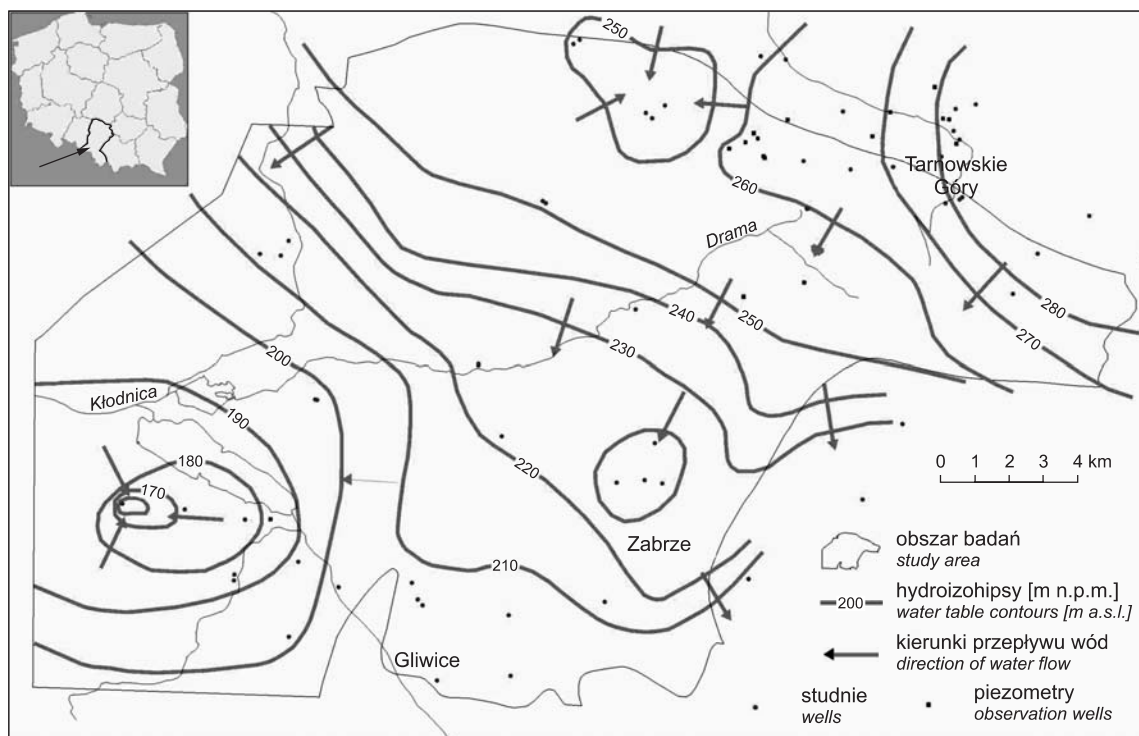


Fig. 1. Mapa hydroizohips węglanowego kompleksu wodonośnego GZWP Gliwice

Groundwater table map of carbonate aquifer MGWB Gliwice

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Zbiornik GZWP Gliwice został wyodrębniony w skałach węglanowych triasu. W nadkładzie nad zbiornikiem zostały rozpoznane wodonośne utwory w obrębie osadów plejstocenu i miocenu, które w części zachodniej tworzą główny poziom użytkowy. W części wschodniej poziom wodonośny plejstocenu jest znacznie mniejszej miąższości i rozcięty wychodniami triasu. Osady neogenu w części wschodniej nie występują poza skrajnie południowo-wschodnią częścią GZWP Gliwice.

Poziomy wodonośne wapienia muszlowego oraz retu są związane z wapieniami i dolomitami. Te dwa poziomy lokalnie pozostają w łączności hydraulicznej i dlatego w skali regionalnej są łączone w jeden kompleks wodonośny serii węglanowej triasu (Rózkowski, 1990). Jest to kompleks krasowo-szczelinowo-porowy. W zasięgu tego kompleksu wyodrębniono GZWP Gliwice. W północno-wschodniej i środkowej części obszaru jest on odkryty, albo występuje pod przykryciem przepuszczalnych osadów czwartorzędu, niewielkiej miąższości, jest zatem pozbawiony naturalnej izolacji od powierzchni terenu.

W części zachodniej występuje pod nadkładem izolujących osadów neogenu. Współczynnik filtracji kompleksu wodonośnego zmieniają się od 1 do 20 m/d, współczynnik przewodnictwa wodnego $T = 100\text{--}1000\text{ m}^2/\text{d}$, a wydajność potencjalna studni od 50 do ponad 120 m^3/h (Kowalczyk, 2003; Włostowski i in., 2005).

Zasilanie kompleksu węglanowego triasu odbywa się na jego wychodniach, a w układzie wielopoziomowym, na drodze przesączania poprzez utwory przepuszczalne czwartorzędu. Zasilanie serii węglanowej, pod przykryciem izolującej warstwy miocenu jest utrudnione i w związku z tym ma ono niewielkie znaczenie w odnawianiu zasobów tego

systemu. Dodatkowo poziom wodonośny serii węglanowej triasu jest zasilany wodami infiltrującymi z rzek płynących w obszarach wychodni tego poziomu, na przykład przez Dramę i jej dopływy.

Układ krążenia wód podziemnych w ogólnym zarysie jest ukształtowany warunkami morfologicznymi i siecią hydrograficzną, oraz lokalnie przez większe, wielootworowe ujęcia studzienne oraz przez sztolnie kopalniane (fig. 1). W tym układzie zaznaczają się dwa obszary: zachodni i wschodni. W pierwszym rejonie jest wyraźna dwudzielność w profilu pionowym, związana z występowaniem i rozprzestrzenieniem ilastej warstwy utworów miocenu, oddzielającej poziom plejstocenu od niżej występującego kompleksu wodonośnego triasu. W części wschodniej, pierwszym poziomem wodonośnym jest poziom czwartorzędu, albo serii węglanowej triasu. Ten ostatni jest eksploatowany dużymi ujęciami studziennymi. Generalny spływ wód w kompleksie węglanowym triasu odbywa się od działu wód podziemnych na północnym wschodzie w kierunku południowym i południowo-zachodnim do doliny Odry. Przepływ ten jest bardzo skomplikowany ze względu na charakter wodonośca.

Wody tego kompleksu są ujmowane na zaopatrzenie wodociągów komunalnych i przemysłu. Największa koncentracja ujęć występuje na północnym wschodzie i na południu zbiornika w rejonie Gliwic. Trwająca wieloletnia intensywne eksploatacja wód spowodowała przeeksploatowanie tego zbiornika i przeobrażenie stosunków wodnych na obszarze całego GZWP (Kropka, 2001). Zmniejszenie poboru wód podziemnych w ostatniej dekadzie spowodowało odbudowę ciśnienia hydrostatycznych w zbiorniku maksymalnie o około 10 m.

CELE I METODY BADAWCZE

Strategiczne znaczenie zbiornika GZWP Gliwice w zaopatrzeniu w wodę mieszkańców północno-zachodniej części górnośląskiej aglomeracji jest przyczyną, dla której podjęto badania zmierzające do szczegółowego rozpoznania krążenia wód podziemnych w tym zbiorniku. W celu właściwego odzwierciedlenia przepływu, w złożonej strukturze poziomów wodonośnych, o charakterze krasowo-szczelinowo-porowym zbudowano wielowarstwowy model numeryczny. Modelowanie w tego rodzaju skomplikowanych systemach wodonośnych jest obecnie aktywnym obszarem badań naukowych (Schelling, Ross, 1989; Berkowitz, 2002; Maryška i in., 2008). Trudności związane z opisem krążenia wód podziemnych uwarunkowane są zespołem cech litologicznych i geologiczno-strukturalnych. Niejednorodność zbiornika wodonośnego GZWP Gliwice, tak jak i pozo-

stałych zbiorników serii węglanowej triasu śląsko-krakowskiego, przejawia się w warstwowaniu uwarunkowanym zmiennością litologiczną skał, uskokami, spękaniami i szczelinami oraz przestrzenią porową matrycy skalnej i pustkami krasowymi (Witkowski i in., 1996; Motyka, 1998; Kowalczyk, 2003). Niejednorodność zbiornika spowodowana powyższymi cechami powoduje, że wiarygodne odwzorowanie układu krążenia wód w systemach wodonośnych krasowo-szczelinowo-porowych często napotyka na duże problemy już na etapie modelu koncepcyjnego. W niniejszej pracy zastosowano nowoczesne metody stosowane w trójwymiarowej kartografii geologicznej wspomagające odwzorowanie geometrii wgłębnych struktur geologicznych wykazujących bezpośredni wpływ na przepływ wód podziemnych.

MODEL STRUKTURY GEOLOGICZNEJ GZWP GLIWICE

Do opracowania modelu wykorzystano liczne dane ze źródeł archiwalnych.

W pierwszym etapie prowadzonych prac zebrano informacje geologiczne o obszarze badań. Zinterpretowano informacje łącznie z 365 otworów geologicznych i hydrogeologicznych. Z 68% otworów uzyskano informacje o stropie, a z 44% otworów informacje o spągu węglanowego kompleksu wodonośnego. By uniknąć „efektów brzegowych” zostały także użyte dane z poza obszaru badań dotyczące głębokości i miąższości występowania utworów triasu środkowego. Dane otworowe pochodziły z Centralnego Archiwum Geologicznego, Oddziału Górnośląskiego Państwowego Instytutu Geologicznego, Banku Hydro, dokumentacji górniczych i Urzędu Marszałkowskiego w Katowicach. Drugim podstawowym źródłem informacji były liczne mapy geologiczne z obszaru badań (Doktorowicz-Hrebniński, 1954; Kotlicki, red., 1979). Mapy wykorzystano do digitalizacji wybranych elementów niezbędnych do stworzenia modelu. W celu ujednolicenia układów współrzędnych oraz systemów odwzorowań na mapach wykorzystano programy w systemie GIS do georeferencji map w układzie 1992/19. Usystematyzowane dane z map dygitalizowano w programie Geographix Discovery. W programie tym dzięki możliwości szybkiego wykreślenia map strukturalnych dokonano także pierwszej wstępnej krytycznej analizy danych wejściowych w celu usunięcia lub poprawienia punktów z błędnymi danymi.

Proces budowy trójwymiarowej struktury geologicznej modelu GZWP Gliwice wykonano przy użyciu oprogramowania EarthVision amerykańskiej firmy Dynamic Graphics, Inc. Wymagane dane wejściowe o budowie geologicznej

musiały składać się z trzech wartości. Są to współrzędne geograficzne zebrane w jednym dowolnym układzie współrzędnych oraz rzędna stropu wybranych warstw geologicznych. Dzięki wymianie rozszerzeń plików pomiędzy programami EarthVision i Geographix dostarczenie wymaganych danych wejściowych ze zbudowanej bazy danych znacznie przyspieszyło budowę modelu.

Sekwencje geologiczne tworzone były przy użyciu narzędzia Geologic Structure Builder. W module tym ustalano kolejność warstw oraz budowę drzewa uskokowego. Zależność warstw w programie może być odwzorowana na trzy sposoby:

- depozycja (deposition) – wprowadzana warstwa odkłada się tylko ponad warstwami położonymi poniżej,
- niezgodność (unconformity) – warstwa odkłada się ponad, oraz wycina warstwy położone poniżej,
- erozja kanałowa (channel erosion) – warstwa wycina warstwy położone poniżej.

Na modelu odwzorowano także uskoki, licznie występujące na obszarze GZWP Gliwice. Przebieg głównych uskoków został odwzorowany i ponownie zinterpretowany na podstawie map geologicznych bez utworów czwartorzędowych w skali 1:50 000 i 1:25 000. W niektórych przypadkach dodatkowo wspomagano się regionalnymi przekrojami. Odtworzone uskoki z map w Geographix zostały eksportowane do EarthVision jako seria punktów o określonych współrzędnych X i Y. Dla każdego uskoku został stworzony oddzielny plik. Z tych danych zostały wymodelowane następnie powierzchnie uskokowe w trójwymiarowej przestrzeni modelu.

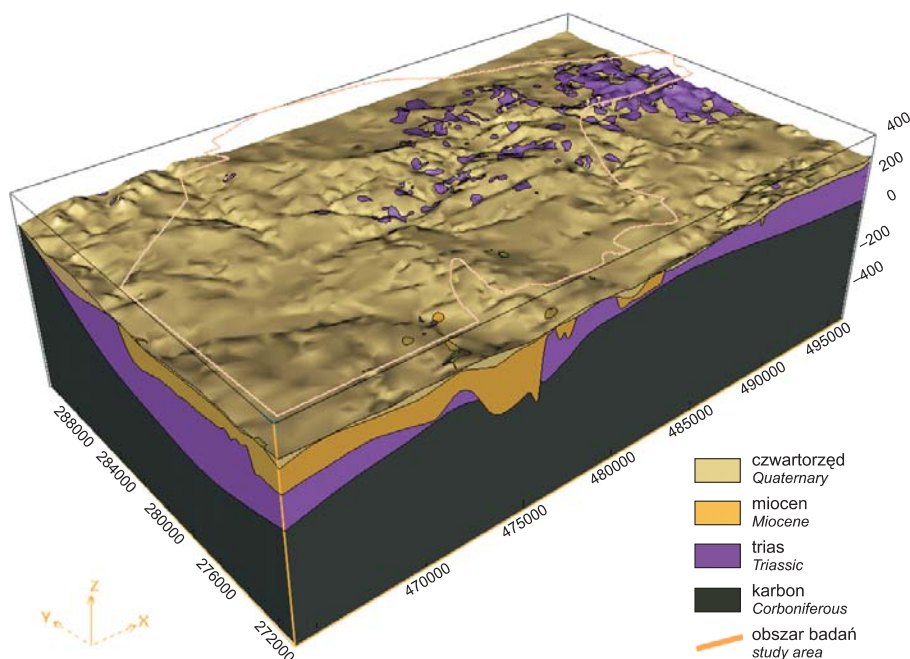


Fig. 2. Trójwymiarowy model zbiornika węglanowego w utworach triasu pod pokrywą osadów miocenu i czwartorzędu

3D model of Triassic aquifer covered with Miocene and Quaternary deposit

W celu usprawnienia kalibracji modelu w programie istnieje możliwość włączania i wyłączania poszczególnych izopowierzchni, ustawiania ich przezroczystości, wyświetlania otworów geologicznych i tworzenia przekrojów geologicznych oraz map ścięcia poziomego wzdłuż linii siatki. Analizując poprawność przebiegu warstw można dodatkowo na wygenerowanych powierzchniach zrzutować obrazy rastrowe, wektorowe i nakładać mapy izoliniowe.

W pracy wykonano model budowy geologicznej wielowarstwowego systemu wodonośnego. Głównym elementem jest GZWP Gliwice, o powierzchni 392 km², wyodrębniony w węglanowym kompleksie wodonośnym triasu środkowego i dolnego (fig. 2). Powierzchnia topograficzna terenu, jednostki litostratygraficzne czwartorzędu, neogenu, triasu, karbonu

i permu oraz uskoki były modelowane w trzech wymiarach. Powierzchnia terenu oraz pozostałe wydzielenia zostały odzwierciedlone na modelu jako powierzchnie niezgodności, poza powierzchnią karbonu – powierzchnia depozycji.

Uzyskane wyniki z modelowania struktury geologicznej GZWP Gliwice zostaną wykorzystane do stworzenia modelu przepływu wód podziemnych w oprogramowaniu FeFlow. Program ten oparty jest na metodzie elementów skończonych (finite-element). Umożliwia precyzyjne odwzorowanie anizotropii i niejednorodności ośrodka hydrogeologicznego oraz ważnych elementów hydrostrukturalnych (uskoki, systemy spękań) odpowiedzialnych za sposób krążenia wód w systemach krasowo-szczelinowo-porowych.

WERYFIKACJA STRUKTURY GEOLOGICZNEJ MODELU

Pierwszym sposobem oceny poprawności wykonanego modelu było porównywanie opublikowanych map z modelem badanego obszaru. Proces weryfikacji modelu, dzięki możliwości dokonywania nieograniczonych ilości przekrojów wzdłuż trzech kierunków X, Y i Z w programie oraz swobodnego nakładania i zdejmowania stworzonych warstw litologicznych reprezentowanych jako bryły ograniczone powierzchniami stropu i spągu przebiega stosunkowo szybko.

Jakość wykonanego modelu struktury geologicznej GZWP Gliwice została zweryfikowana także poprzez porównanie przekrojów wygenerowanych z modelu z przekrojami regio-

nalnymi publikowanymi na mapach geologicznych i w różnych opracowaniach geologicznych i hydrogeologicznych z obszaru badań. Uzyskane podobieństwo pomiędzy przekrojami świadczy o poprawnym odwzorowaniu geologii GZWP Gliwice na modelu. Dodatkowo dzięki zebranej znacznej ilości danych z otworów geologicznych i hydrogeologicznych można było zweryfikować i dokonać bardziej szczegółowej interpretacji głębszej budowy geologicznej zbiornika gliwickiego niż wykorzystując tylko informacje z map geologicznych. Kierunki zrzutów warstw na uskokach zostały porównane z danymi z map geologicznych, a ich wielkość z danymi z literatury.

PODSUMOWANIE

Zastosowana w opracowaniu metodyka opiera się na wykorzystaniu nowoczesnej, trójwymiarowej kartografii geologicznej. Modele geologiczne 3D znalazły już swoje zastosowanie w hydrogeologii (Pantea, Cole, 2004, Turner i in., 2007). Są obecnie wykorzystywane do lepszego poznania struktury geometrycznej zbiorników wód podziemnych. Powinny być koniecznie tworzone przy systemach wodonośnych o skomplikowanej budowie geologicznej, jak np. krasowo-szczelinowo-porowy zbiornik GZWP Gliwice. Zastosowanie modeli 3D pozwala łatwiej zrozumieć i określić specyficzny układ krążenia wód w wybranym ośrodku geologicznym.

Zbudowany model geologiczny pozwolił na wnikliwą interpretację głębszej geologii obszaru badań, ze szczególnym uwzględnieniem kompleksu węglanowego triasu. Możliwość odwzorowania struktury geologicznej zbiornika, w tym w szczególności licznych rowów i zrębów tektonicznych, wpłynie znacząco na poprawność dyskretyzacji ośrodka hydrogeologicznego w modelu przepływu wód podziemnych. Wnioski z interpretacji wyników trójwymiarowego modelu będą także pomocne przy opracowaniu prawidłowego modelu koncepcyjnego krążenia

wód podziemnych w węglanowym systemie wodonośnym triasu gliwickiego.

Wygenerowane w modelu powierzchnie kontaktu poszczególnych warstw zostaną przeniesione do oprogramowania służącego do budowy numerycznych modeli hydrogeologicznych FeFlow. Program EarthVision w połączeniu z oprogramowaniem FeFlow umożliwiającym modelowanie przepływu wód podziemnych w systemach szczelinowych wpłynie w przyszłości na zwiększenie wiarygodności wykonanych modeli, oraz da większą pewność przy wykonywaniu symulacji prognostycznych na obszarze głównego zbiornika wód podziemnych Gliwice.

Badania prowadzono w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N N525 410535 pt. *Wpływ terenów miejsko-przemysłowych na zasoby i eksploatację wód podziemnych na przykładzie miast Tarnowskie Góry i Tarnów*.

Prezentowane w artykule badania zostały w części przeprowadzone z wykorzystaniem oprogramowania Geographix Discovery uzyskanego w ramach grantu uniwersyteckiego firmy Landmark.

LITERATURA

- BERKOWITZ B., 2002 – Characterizing flow and transport in fractured geological media: a review. *Adv. Water Res.*, **25**, 8–12: 861–884.
- DOKTOROWICZ-HREBNICKI S., 1954 – Mapa geologiczna GZW 1:50 000. Inst. Geol., Warszawa.
- JINGA L., HUDSON J.A., 2002 – Numerical methods in rock mechanics. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, **39**: 409–427.
- JURA D., 2001 – Morfotektonika i ewolucja różnowiekowej niezgodności w stropie utworów karbonu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Pr. Nauk. UŚ*, **1952**: 176.
- KOTLICKI S., (red.), 1979 – Mapy podstawowe bez utworów czwartorzędowych 1:50 000 do mapy geologicznej Polski 1:200 000, ark. Gliwice. Wyd. Geol., Warszawa.
- KOTLICKI S., 1980 – Ogólna charakterystyka geologiczna. *W: Warunki hydrogeologiczne złóż rud cynku i ołowiu regionu śląsko-krakowskiego* (red. A. Rózkowski i in.): 319. Wyd. Geol., Warszawa.
- KOWALCZYK A., 2003 – Formowanie się zasobów wód podziemnych w utworach węglanowych triasu śląsko-krakowskiego w warunkach antropopresji. *Pr. Nauk. UŚ*, **215**: 196.
- KROPKA J., 2001 – Wybrane ekonomiczno-techniczne aspekty intensywnej eksploatacji triasowego zbiornika wód podziemnych Gliwice. *W: Współczesne Problemy Hydrogeologii*, t. 10, cz. 1–2: 103–109. UWroc., Wrocław.
- MAŁOLEPSZY Z., 2005 – Three-dimensional geological maps. *w: the current role of geological mapping in geosciences* (red. S. Ostaficzuk): 215–224. NATO Sciences Series, **56**.
- MARYŠKA J., SEVERÝN O., TAUCHMAN M., TONDOR D., 2008 – Modelling of processes in fractured rock using FEM/FVM on multidimensional domains. *J. Comput. Appl. Math.*, **215**: 495–502.
- MOTYKA J., 1998 – A conceptual model of hydraulic networks in carbonate rocks, illustrated by examples from Poland. *Hydrogeol. J.*, **6**: 469–482.
- PANTEA M. P., COLE J.C., 2004 – Three-dimensional geologic framework modelling of faulted hydrostratigraphic units within the Edwards aquifer, Northern Bexar County, Texas. U.S. Geol. Surv., Scientific Investigations Report 2004-5226.
- RÓŹKOWSKI A., 1990 – Szczelinowo-krasowe zbiorniki wód podziemnych monokliny śląsko-krakowskiej i problemy ich ochrony. CPBP 04.10.09. Z.57. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- RÓŹKOWSKI A., WILK Z., (red.), 1980 – Warunki hydrogeologiczne złóż rud cynku i ołowiu regionu śląsko-krakowskiego. Wyd. Geol., Warszawa.
- SCHELLING S. G., ROSS R. R., 1989 – Contaminant transport in fractured media: models for decision makers. Environmental Protection Agency, United States.
- TURNER K. J., HUDSON M. R., MURRAY K. E., MOTT D. N., 2007 – Three-dimensional geologic framework model for a karst aquifer system, Hasty and Western Grove Quadrangles, Northern Arkansas. U.S. Geol. Surv., Scientific Investigations Report 2007-5095.
- WITKOWSKI A. i inni, 1996 – Badania struktury hydraulicznej szczelinowo-krasowych masywów skał węglanowych. Projekt badawczy KBN nr 9 S602 002 06. Arch. KHIGI UŚ, Sosnowiec.
- WŁOSTOWSKI J., OFIJALSKA H., KRAWCZYŃSKI J., KRAWCZYŃSKA B., PIETRZAK M., RODZIOCH A., MUTER K., 2005 – Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne dla ustanowienia obszaru ochronnego zbiornika wód podziemnych Gliwice GZWP nr 330. Arch. Urz. Marsz., Katowice.

SUMMARY

Development of multilayer numerical models in a karst-fracture-porous medium very often causes relatively serious problems in the accurate and consistent modelling of groundwater flow systems. The present paper shows new techniques of computer 3D geological modelling sub-surface finding application in hydrogeology. 3D geological model should be constructed for every complicated hydrogeological system in order to get to know better the geological framework of aquifer. Application of 3D geological models helps better mapping and understanding deep geological structure.

Constructed 3D geological model allowed to acute interpretation of deep geological structure with special focus on

carbonated aquifer MGWB Gliwice. Possibility of presenting 3D hydrogeological formation in geological structure model with many horsts and grabens separated by faults will significantly influence the correctness of digitizing the hydrogeological medium structure in the flow model. Conclusions from interpretation of 3D geological model will affect the creation of conceptual flow model development. The sub-surface of 3D geological model generated in Earth-Vision will be transferred to FeFlow.

The project shows that application of modern 3D geological mapping increases the accuracy of producing viable groundwater flow models and makes prognostic simulations on the models much probable.