

## MODEL BUDOWY CZWARTORZĘDOWEGO PIĘTRA WODONOŚNEGO W REJONIE ZBIORNIKA GOCZAŁKOWICE

### STRUCTURAL MODEL OF THE QUATERNARY AQUIFER IN THE AREA OF GOCZAŁKOWICE RESERVOIR

JOANNA CZEKAJ<sup>1</sup>, ANDRZEJ J. WITKOWSKI<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Wykonanie modeli przepływu wód podziemnych powinno opierać się na skonstruowanym wcześniej wiarygodnym modelu konceptualnym, którego podstawowym elementem jest odpowiednio zinterpretowana i zgeneralizowana informacja o budowie geologicznej systemu hydrogeologicznego. Wiodące firmy opracowują nowoczesne, specjalistyczne programy, które pozwalają na przygotowywanie modeli konceptualnych oraz ich implementację do programów modelowych typu Modflow oraz FeFlow. Przykładem takiego programu jest HydroGeo Builder (HGB). Przy jego pomocy konstruuje się model strukturalny (geologiczny) ośrodka hydrogeologicznego, który po uzupełnieniu o właściwości hydrogeologiczne oraz warunki brzegowe tworzy właściwy model konceptualny. Artykuł prezentuje sposób wykorzystania tego programu do konstrukcji 9-ciowarstwowego modelu budowy geologicznej dla obszaru zlewni bezpośredniej zbiornika Goczałkowice, której powierzchnia wynosi 64,7 km<sup>2</sup>. Model budowy geologicznej czwartorzędowego piętra wodonośnego zostanie wykorzystany przy opracowywaniu matematycznego modelu przepływu wód podziemnych w ramach realizacji strategicznego projektu badawczego „Zintegrowany system wspomagający zarządzaniem i ochroną zbiornika zaporowego (ZiZOZap)”.

**Słowa kluczowe:** czwartorzędowe piętro wodonośne, model strukturalny, HydroGeo Builder, zbiornik Goczałkowice.

**Abstract.** The creation of groundwater flow models should be based on a reliable conceptual model. Its main element is interpreted and generalised information about geological structure of the flow system. Leading companies develop special programs used for preparation of conceptual models, and enable their implementation in the Modflow or FeFlow systems. Among such programs is the HydroGeo Builder (HGB), using which the user can prepare a structural model and add hydrogeological parameters and boundary conditions. The paper presents the way of using the HGB for the construction of nine-layered structural model of the direct catchment of Goczałkowice reservoir (64 km<sup>2</sup> in area). Structural model of the Quaternary aquifer will be used in groundwater modelling within the ZiZOZap project.

**Key words:** Quaternary aquifer, structural model, HydroGeo Builder, Goczałkowice reservoir.

### WSTĘP

Przy tworzeniu modeli przepływu wód podziemnych niezbędna jest zgeneralizowana informacja dotycząca budowy geologicznej obszaru badań. Informacja geologiczna pochodząca z dostępnych danych literaturowych oraz kartograficznych często jest niewystarczająca, niedokładna, m.in. ze względu na skalę takich opracowań. Optymalnym rozwiązaniem wydaje się zestawienie danych regionalnych z danymi punktowymi (otworowymi) i ich łączna interpretacja w postaci trójwymiarowego modelu strukturalnego (Sitek i in., 2009).

Model taki pozwala na właściwe wydzielenie warstw w docelowym modelu matematycznym danego systemu hydrogeologicznego. Artykuł prezentuje jeden ze sposobów wykorzystania programu HydroGeo Builder (HGB) (Schlumberger Water Services, 2009) do stworzenia takiego właśnie modelu dla obszaru zlewni bezpośredniej zbiornika Goczałkowice. Wykonany model strukturalny będzie stanowił niezbędną podstawę modelu konceptualnego i późniejszego modelu matematycznego czwartorzędowego piętra wodonośnego.

<sup>1</sup> Uniwersytet Śląski, Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; e-mail: joanna.czekaj@us.edu.pl, andrzej.witkowski@us.edu.pl

## OBSZAR BADAŃ

Obszar badań stanowi rejon zbiornika Goczałkowice zbudowanego na rzece Wiśle, który stanowi główne źródło zaopatrzenia w wodę pitną zdecydowanej większości mieszkańców Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Do przeprowadzenia szczegółowych badań hydrogeologicznych w ramach projektu ZiZOZap (Sołtysiak i in., 2011), w tym badań modelowych, przyjęto obszar zlewni bezpośredniej zbiornika Goczałkowice, o powierzchni równej 64,7 km<sup>2</sup> (fig. 1). Północną granicę obszaru badań wyznacza wódz dział wód powierzchniowych zlewni Pszczynki i zbiornika Goczałkowice. Granica zachodnia i wschodnia wyznaczone są wzdłuż, kolejno, zlewni Wisły i Młynki oraz Bajerki. Dodatkowo obszar badań został powiększony o pas buforowy o szerokości 500 m.

### BUDOWA GEOLOGICZNA

Omawiany obszar jest położony w granicach zapadliska przedkarpackiego. W profilu pionowym wyróżnia się dwa elementy strukturalne: podłoże paleozoiczne Górnośląskie

go Zagłębia Węglowego oraz pokrywę w postaci miocenu autochtonicznego. Na znacznej powierzchni obszaru badań sedimentacja miocenska badenu rozpoczyna się gruboklastycznymi utworami warstw dębowieckich, cechujących się gradacyjnym uziarnieniem oraz zmienną miąższością (Buła, Jura, 1983). Bezpośrednio na tych utworach leżą morskie osady miocenu formacji skawińskiej wykształcone jako utwory ilasto-mułowcowe i mułowcowo-margliste, z niewielkimi przewarstwieniami piaskowców. Miąższość tej formacji dochodzi do 900 m.

Analizowany obszar jest w całości pokryty osadami czwartorzędowymi, które są związane głównie z działalnością lodowcową oraz akumulacją rzeczną. Maksymalną miąższość utworów czwartorzędowego stwierdzono w obrębie doliny Wisły, gdzie wynosi ona blisko 40 m. Osady plejstoceńskie w postaci piasków, żwirów, glin oraz utworów pylastych i lessów występują na całym obszarze badań (Wójcik, 2006). Ostatni etap sedimentacji plejstoceńskiej stanowią piaski, mułki i gliny, które tworzą ciągły stopień tarasowy wzdłuż doliny Wisły i jej dopływów.

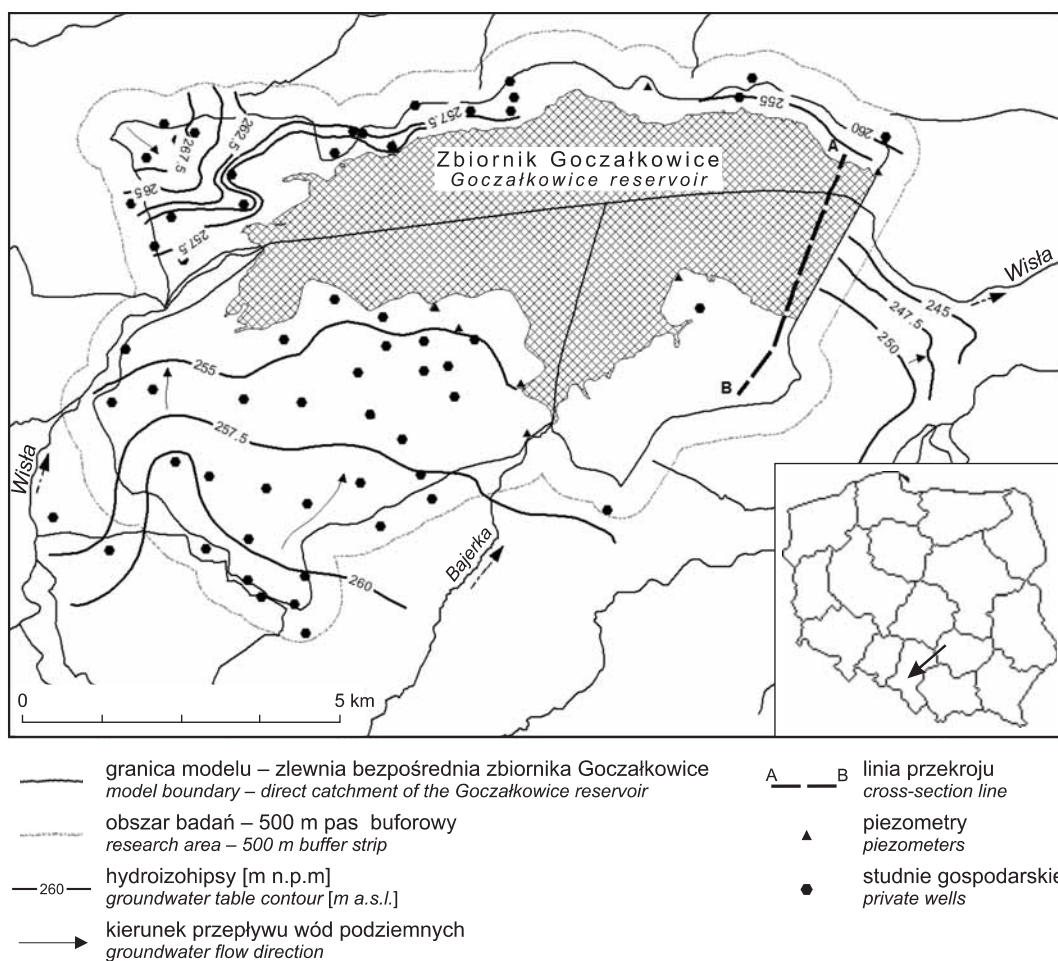


Fig. 1. Mapa czwartorzędowego piętra wodonośnego

Water table map of the Quaternary aquifer

Występowanie osadów holocenu na omawianym obszarze jest ograniczone do den dolin rzecznych. Są to głównie utwory piaszczyste, piaszczysto-żwirowe oraz gliny, ropy i mułki, które tworzą tarasy I oraz II rzeki Wisły (Wójcik, 2006). Charakterystyczne dla tego obszaru jest również występowanie torfów oraz osadów jeziornych w brzegowej strefie zbiornika Goczałkowice (ropy i mułki).

### WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Rozpatrywany obszar znajduje się obecnie w granicach JCWPd 142 i 143, zlokalizowanych w obrębie prowincji Wisły, regionu Górnej Wisły, subregionu zapadliska przedkarpackiego i Karpat zewnętrznych (Paczyński, Sadurski, 2007).

Użytkowy zbiornik wód podziemnych znajduje się w obrębie utworów czwartorzędowych, w osadach dolin rzecznych Wisły i jej dopływów. Poza obszarami dolinnymi wodonośne piętro czwartorzędowe jest związane z utworami akumulacji glacialnej oraz fluwioglacjalnej, głównie w postaci piasków i żwirów. Nadkład warstwy wodonośnej sta-

nowią utwory słabo przepuszczalne o miąższości do 5 m. Zwierciadło wód podziemnych ma najczęściej charakter naporowy, jedynie w obrębie dolin rzecznych jest swobodne (Kempa, Bielewicz, 2004). Na znacznym obszarze badań obserwuje się dwupoziomowość czwartorzędowego piętra wodonośnego, uwarunkowaną występowaniem przewarstwień utworów słabo przepuszczalnych (fig. 2).

Jedynie w zachodniej części obszaru badań, w obrębie doliny Wisły, obserwuje się występowanie jednego poziomu wodonośnego. Zmienność litologiczna czwartorzędu powoduje także znaczne zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych oraz miąższości utworów wodonośnych, która zmienia się w przedziale od 2 m w górnych odcinkach dolin rzecznych do około 20 m w pradolinie Wisły. Współczynnik filtracji na obszarze badań, wg dokumentacji hydrogeologicznych, waha się w przedziale od  $5,35 \cdot 10^{-6}$  do  $6,5 \cdot 10^{-3}$  m/s.

Zasilanie wód podziemnych odbywa się na drodze infiltracji wód opadowych oraz wód powierzchniowych w odcinkach dolinnych. Zasilanie jest utrudnione na obszarach występowania miększej warstwy słabo przepuszczalnej w nadkładzie warstwy wodonośnej.

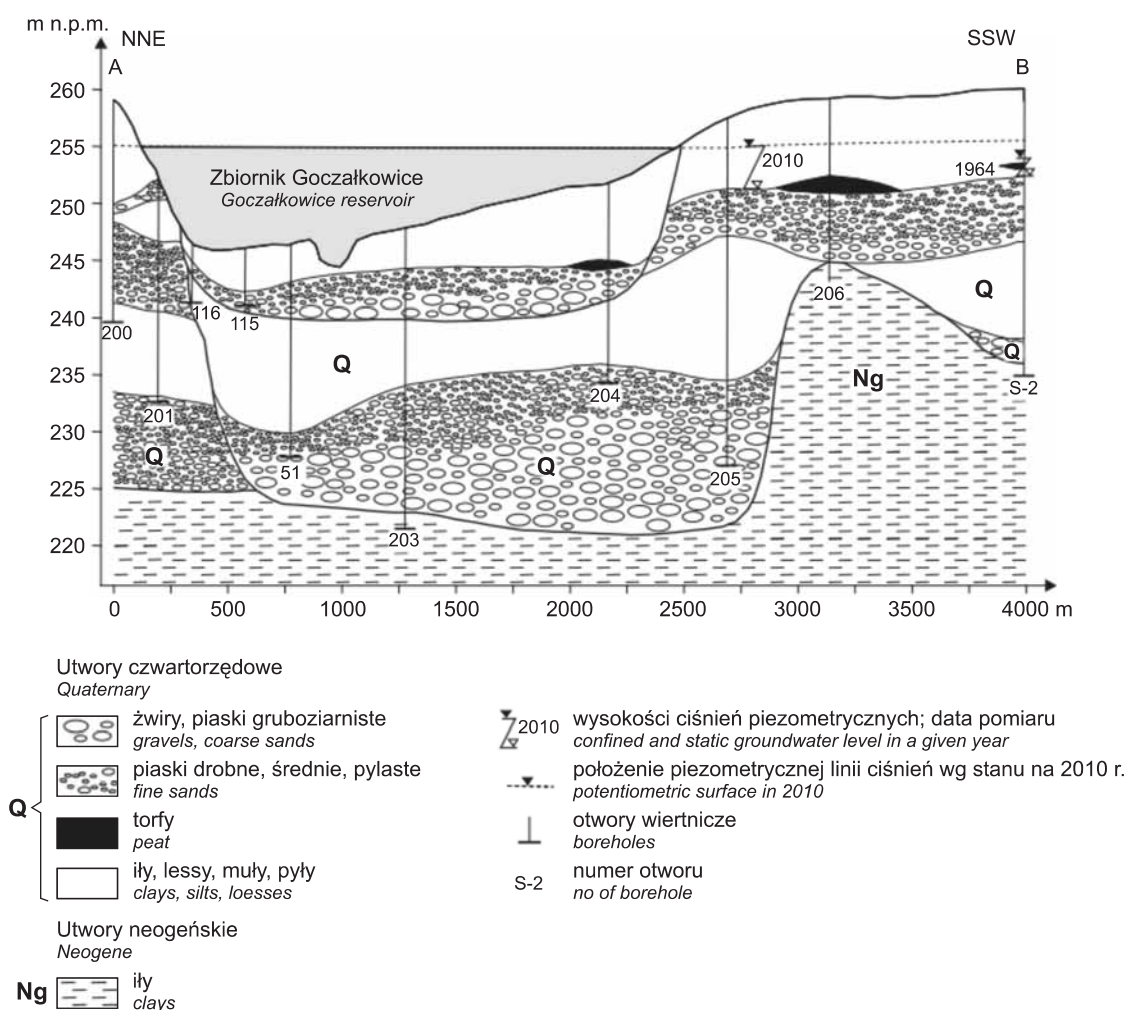


Fig. 2. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny (wg Sołtysiaka i in., 2011)

Schematic hydrogeological cross-section (after Sołtysiak *et al.*, 2011)

W skali regionalnej zbiornik Goczałkowice wykazuje charakter drenujący. Aktualnie prowadzone badania wskazują, że zbiornik Goczałkowice wykazuje charakter drenujący w północnej części zlewni bezpośredniej. W południowej strefie brzegowej zbiornika obserwuje się infiltrację wód powierzchniowych do warstwy wodonośnej. Prawdopodobny kontakt pomiędzy wodami podziemnymi i wodami zbiornika zachodzi w strefie koryta Wisły.

W granicach omawianego obszaru praktycznie brak jest większych ujęć, zdecydowanie przeważa rozproszona i czę-

to okresowa eksploatacja studniami kopanymi. Wydajność pojedynczej studni wynosi od 0,6 m<sup>3</sup>/h (Wisła Wielka) do 40 m<sup>3</sup>/h (Czarnolesie) (BankHydro).

W układzie hydrodynamicznym wód podziemnych oraz w powiązaniach pomiędzy nimi a wodami zbiornika Goczałkowice główną rolę odgrywa czwartorzędowe piętro wodonośne. Wody niższych pięter wodonośnych (neogen, karbon) z uwagi na znaczną miąższość nieprzepuszczalnych utworów miocenu praktycznie nie mają wpływu na układ hydrodynamiczny wód podziemnych w rejonie zbiornika, cechując się odrębnym reżimem hydrogeologicznym.

## CEL I METODY BADAWCZE

Głównym zadaniem zespołu hydrogeologów z Uniwersytetu Śląskiego w ramach realizacji strategicznego projektu badawczego ZiZOZap jest określenie relacji ilościowo-jakościowej wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie zbiornika Goczałkowice, w tym ocena roli wód podziemnych w ogólnym bilansie wód zbiornika, identyfikacja potencjalnych źródeł zanieczyszczeń w rejonie badań oraz ocena ewentualnego wpływu jakości wód podziemnych na jakość wód w zbiorniku.

W celu określenia związku wody podziemne–wody powierzchniowe zostanie wykonany model przepływu wód

podziemnych dla warunków ustalonych. Podstawą modelowania przepływu wód podziemnych jest model konceptualny obszaru badań. Każdy model konceptualny składa się z trzech submodeli: model strukturalny (model geologiczny), model właściwości hydrogeologicznych ośrodka (model parametryczny) oraz model warunków brzegowych (Chmakov i in., 2009). Pierwszym, bardzo istotnym etapem w całym cyklu procesu modelowania jest więc wiarygodny model budowy geologicznej prezentujący zgeneralizowaną informację terenową, pochodzącą z dostępnych danych archiwalnych i kartograficznych (Dąbrowski i in., 2011).

## BUDOWA MODELU STRUKTURALNEGO

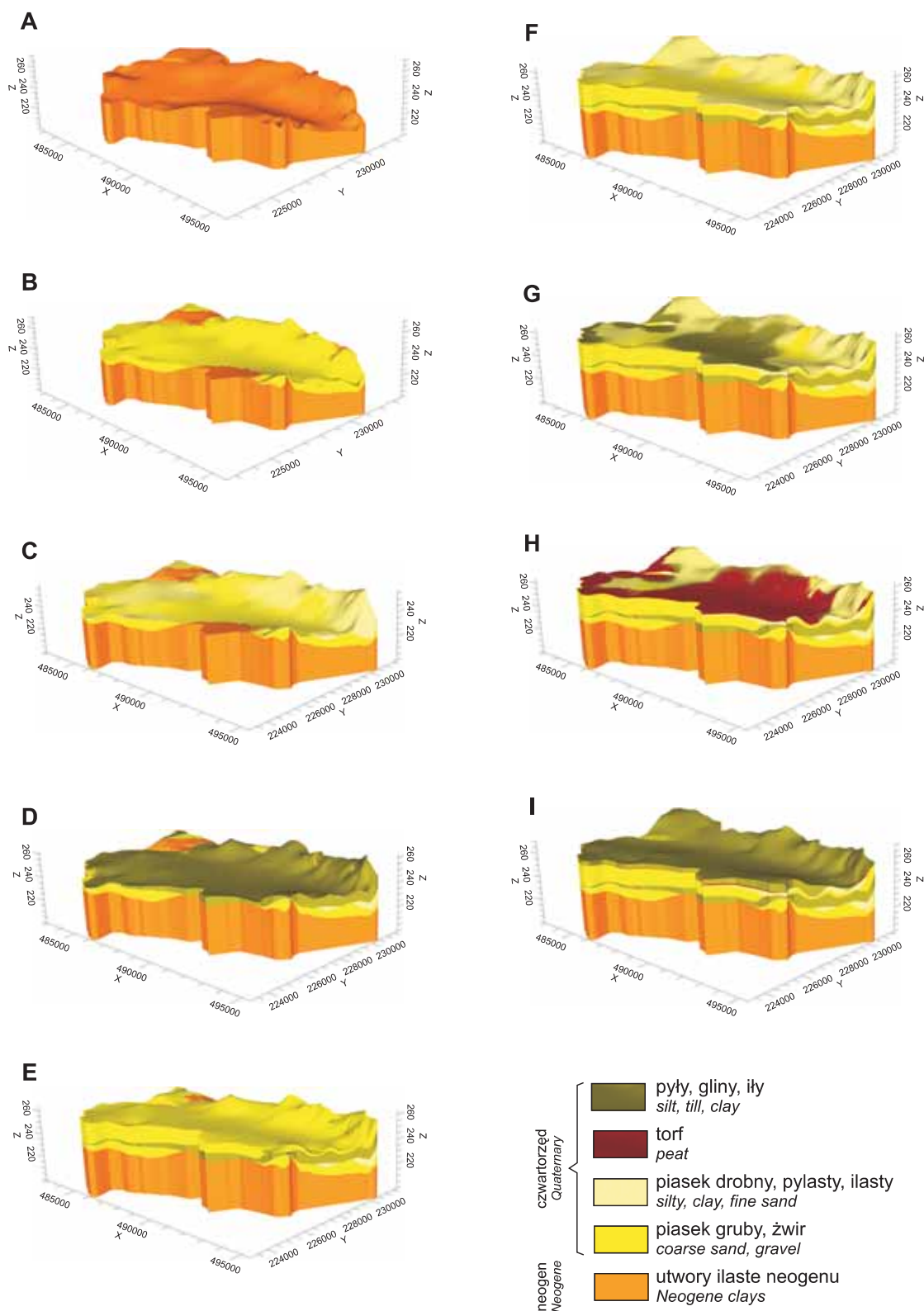
Model budowy geologicznej czwartorzędowego piętra wodonośnego został przygotowany w programie HydroGeo-Builder. Program ten pozwala na interpretację podstawowych danych geologicznych (model konceptualny) oraz umożliwia aplikację do modelu matematycznego w programach Visual Modflow oraz FeFLOW. Użycie programu HGB znacznie ułatwia pracę nad modelem. Dodawanie nowych informacji o systemie (obszar modelowy) nie wymaga przebudowy całej aplikacji. Dodatkowym plusem programu jest możliwość wizualizacji poszczególnych warstw modelu w 2D oraz 3D.

Do opracowania modelu budowy geologicznej czwartorzędowego piętra wodonośnego na obszarze badań wykorzystano liczne dane archiwalne. Początkowo zebrano i zinterpretowano dane z 208 otworów geologicznych, geologiczno-inżynierskich, hydrogeologicznych i otworów badawczych. Dane punktowe pozyskano z dokumentacji geologicznych i hydrogeologicznych oraz górniczych Centralnego Archiwum Geologicznego Państwowego Instytutu Geologicznego, Urzędu Marszałkowskiego w Katowicach, z kart głębokich otworów, a także z Banku Hydro. Istotnym źródłem danych okazały się także mapy geologiczne oraz hydrogeologiczne obszaru (Wójcik, 2006; Kempa, Bielewicz, 2004; Chmura, Chowaniec, 2000; Chowaniec, Witek, 2000; Go-

lonka, Paul, Ryłko, 1979; Ryłko, Paul, 1992, 1998). Ponadto wykorzystano dane pochodzące z Wojewódzkiego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Katowicach.

Głównym działaniem przy tworzeniu modelu strukturalnego jest przygotowanie odpowiedniego pliku wejściowego, który zawiera trzy podstawowe dane: współrzędne X i Y w odpowiednim układzie odniesienia oraz rzędną spagu lub stropu poszczególnych warstw. Program HydroGeo Builder pozwala na interpretację zaimportowanych danych geologicznych. Do dyspozycji użytkownika są trzy metody interpolacji danych: krigingu (*kriging*), odwrotnych odległości (*inverse distance*) oraz naturalnego sąsiada (*natural neighbour*) (Schlumberger Water Services, 2009). Bezpośrednio w programie dokonuje się interpolacji danych, tworząc tym samym powierzchnie graniczne warstw. Program pozwala także na zaimportowanie wcześniej przygotowanych plików, np. w formacie GRID (Chmakov i in., 2009). Model strukturalny rejonu zbiornika Goczałkowice został zbudowany na podstawie informacji pochodzących z 9 warstw – plików GRID (fig. 3), wyinterpolowanych w programie Surfer, w układzie współrzędnych WGS84, strefa 34N. Program ten daje możliwość ingerencji w wyinterpolowaną warstwę, np. poprzez digitalizację obszaru badań.





**Fig. 3. Model budowy geologicznej zlewni bezpośredniej zbiornika Goczałkowice**

**A** – utwory ilaste neogenu; **B** – piaski gruboziarniste, żwiry drugiego poziomu wodonośnego; **C** – piaski drobnoziarniste drugiego poziomu wodonośnego; **D** – utwory słabo przepuszczalne rozdzielające poziomy wodonośne; **E** – piaski gruboziarniste, żwiry pierwszego poziomu wodonośnego; **F** – piaski drobnoziarniste pierwszego poziomu wodonośnego; **G** – utwory słabo przepuszczalne; **H** – torfy; **I** – utwory słabo przepuszczalne – nadkład warstwy wodonośnej

Geological model of the aquifer in the direct catchment of Goczałkowice reservoir

**A** – Neogene clays; **B** – coarse sand, gravel of the second aquifer; **C** – fine sand of the second aquifer; **D** – clay and silt separating the aquifers; **E** – coarse sand, gravel of the first aquifer; **F** – fine sand of the first aquifer; **G** – clay, silt; **H** – peat; **I** – clay, silt – overburden aquifer

Zaimportowanymi powierzchniami były powierzchnie stropowe nadkładu utworów słabo przepuszczalnych (fig. 3G, I), przewarstwione nieciągłą warstwą torfów (fig. 3H) o miąższości do 2 m. Pierwszy poziom wodonośny tworzą piaski drobne (fig. 3F) oraz piaski grube i żwiry (fig. 3E). Poziomy wodonośny na znacznym obszarze badań są podzielone warstwą słabo przepuszczalną (fig. 3D) o średniej miąższości 3 m. Drugi poziom wodonośny, podobnie jak pierwszy, składa się z utworów piaszczystych drobnych (fig. 3C) oraz piaszczysto-żwirowych osadów dolinnych (fig. 3B). Spąg czwartorzędowego piętra wodonośnego stanowią nieprzepuszczalne ropy badeńskie (fig. 3A).

## WERYFIKACJA MODELU STRUKTURALNEGO

Powstały model budowy geologicznej wymaga weryfikacji przeprowadzonej na podstawie danych regionalnych, map geologicznych oraz innych dostępnych danych. Pomimo że program HydroGeo Builder ma znaczne możliwości w budowaniu modeli konceptualnych i pozwala na ich aplikację do programów modelowych, jest także stosunkowo prosty w użyciu, jego słabym punktem jest brak możliwości generowania przekrojów geologicznych, co w znacznym stopniu utrudnia prowadzenie prac weryfikacyjnych. Jedyną dostępną opcją jest swobodna praca z poszczególnymi horyzontami oraz przycinanie modelu do ustalonych punktów na osiach XYZ. Nie zastępuje to jednak możliwości przecięcia

Program HydroGeo Builder automatycznie przekształca zaimportowane powierzchnie w struktury geologiczne, w granicach oczekiwanego modelu konceptualnego, który stanowi specjalnie przygotowany plik wektorowy typu poligon, odpowiadający, w tym przypadku obszarowi zlewni bezpośredniej zbiornika Goczałkowice. Do użytkownika programu HGB należy ustalenie kolejności warstw oraz określenie charakteru ich wzajemnej zależności (Chmakov i in., 2009).

Przy budowie modelu strukturalnego nie są wymagane dane hydrogeologiczne – jest to model czysto geologiczny.

struktur według zadanych linii przekrojów, tak jak w niektórych programach modelowych (np. GMS).

Podstawowym krokiem weryfikacji poprawności zbudowanego modelu było porównanie go z przekrojami oraz regionalnymi mapami geologicznymi, a także ze skonstruowanymi wcześniej przekrojami lokalnymi. Weryfikacja wymusiła wprowadzanie kilku poprawek. Uzyskany stopień podobieństwa modelu budowy geologicznej z danymi archiwalnymi oraz kartograficznymi jest zadawalający (fig. 3). Zweryfikowany model budowy geologicznej zostanie wykorzystany do stworzenia modelu przepływu wód podziemnych rejonu zbiornika Goczałkowice w programie Visual Modflow.

## PODSUMOWANIE

Modele strukturalne są niezwykle istotną, integralną częścią budowy modeli przepływu wód podziemnych, które stanowią podstawę do określenia dróg przepływu wód w strukturze wodonośnej. Tworzenie modeli budowy geologicznej powinno opierać się na wykorzystaniu informacji regionalnych, w połączeniu z danymi lokalnymi, w postaci danych otworowych, lokalnych przekrojów geologicznych oraz danych kartograficznych w dużych skalach.

Wykorzystany program HydroGeo Builder jest niezwykle przydatny w tworzeniu modeli hydrogeologicznych. Jego ważnym atutem jest prostota użycia i możliwość swobodnej pracy na modelu. W przypadku wprowadzenia koniecznych zmian do modelu program nie wymaga ponownej budowy modelu konceptualnego. Możliwość aplikacji w wiodących programach modelowych jest niewątpliwym atutem, jednak program dużo lepiej radzi sobie z dostosowaniem modelu konceptualnego do programu Visual Modflow – dostęp do większej ilości warunków brzegowych. Program ten nie sprawdza się podczas weryfikacji modelu strukturalnego – brak możliwości generowania przekrojów geologicznych według zadanych linii.

Stworzony model strukturalny zostanie uzupełniony o model parametryczny oraz warunki brzegowe systemu wodonoś-

nego i w postaci modelu konceptualnego posłuży do przeprowadzania symulacji modelowych w programie Visual Modflow. Obecnie trwają prace nad modelem parametrycznym obszaru, który będzie modelem 3-warstwowym o zróżnicowanych parametrach hydrogeologicznych i zwierciadle napiętym, jedynie lokalnie swobodnym. Granice modelu będą stanowiły działy wód powierzchniowych wyznaczające zlewnię bezpośrednią zbiornika Goczałkowice, po linię jego zapory czołowej. Wykonany model przepływu wód podziemnych rejonu zlewni bezpośredniej zbiornika Goczałkowice pomoże odpowiedzieć na pytanie, jaka jest rola składowej wód podziemnych w bilansie wodnym zbiornika Goczałkowice.

*Prezentowane wyniki badań uzyskano w ramach projektu POIG 01.01.02-24-078/09 „Zintegrowany system wspomagający zarządzaniem i ochroną zbiornika zaporowego”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Regionalnego i dotacji celowej MNiSW. Współautorka niniejszego artykułu jest stypendystką w ramach projektu „DoktoRIS – Program stypendialny na rzecz innowacyjnego Śląska”, współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.*

## LITERATURA

- BUŁA Z., JURA D., 1983 — Litostratygrafia osadów rowu przedgórskiego Karpat w rejonie Śląska Cieszyńskiego. *Zesz. Nauk. AGH, Geologia*, **9**, 1: 5–27.
- CHMAKOV S., HESCH W., TU C., LIMA M., SYCHEV P., 2009 — Conceptual Model Development for FEFLOW or MODFLOW Models – A New Generation of Schlumberger Water Services Software.
- CHMURA A., CHOWANIEC J., 2000 — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 (wraz z objaśnieniami), ark. Kęty (993). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- CHOWANIEC J., WITEK K., 2000 — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 (wraz z objaśnieniami), ark. Pszczyna (992). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- DĄBROWSKI S., KAPUŚCIŃSKI J., NOWICKI K., PRZYBYŁEK J., SZCZEPAŃSKI A., 2011 — Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych. Poradnik metodyczny. Min. Środ., Warszawa.
- GOLONKA J., PAUL Z., RYŁKO W., 1979 — Mapa geologiczna Polski w skali 1:200 000, ark. Bielsko Biała. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KEMPA J., BIELEWICZ R., 2004 — Baza danych GIS mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000. Pierwszy poziom wodonośny. Występowanie i hydrodynamika. Objąsnienia. Ark. Pszczyna (992). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski. Tom I. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- RYŁKO W., PAUL Z., 1992 — Mapa geologiczna Polski w skali 1:200 000, ark. Cieszyn. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- RYŁKO W., PAUL Z., 1998 — Objąsnienia do mapy geologicznej Polski w skali 1:200 000, ark. Cieszyn. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SCHLUMBERGER WATER SERVICES, 2009 — HydroGeo Builder 2009. 1 User's Manual, Kanada.
- SITEK S., KOWALCZYK A., MAŁOLEPSZY Z., 2009 — Szczegółowy model struktury 3D zbiornika GZWP Gliwice nr 330. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **436**: 463–468.
- SOŁTYSIAK M., WITKOWSKI A., KAŹMIERCZAK J., 2011 — Hydrogeologiczne aspekty realizacji projektu badawczego „Zintegrowany system wspomagający zarządzaniem i ochroną zbiornika zaporowego (ZiZOZap)” na przykładzie zbiornika goczałkowickiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **445**: 651–660.
- WÓJCIK A., 2006 — Objąsnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, w skali 1:50 000, arkusz Pszczyna (materiały autorskie). Państw. Inst. Geol., Warszawa.

## SUMMARY

A conceptual model is the basis for groundwater flow modelling. Generally, a conceptual model is composed of three sub-models: structural model, property model and boundary condition model. The first and very important stage of modelling is the creation of structural (geological) model which should be based on regional and local geological information, such as cross-sections, boreholes and geological maps.

This paper presents the stages of building the multi-layered structural model using the HydroGeo Builder (HGB) program. The structural model of the direct catchment of Goczałkowice reservoir (64 km<sup>2</sup> in area) was developed based on 208 geological and hydrogeological boreholes and available geological and hydrogeological maps of this area. The model comprises nine horizons which represent the geological structure of the area, and four of them are incorporated into the Quaternary aquifer.

The HGB is very useful in creating geological and, finally, conceptual models. This program also allows 2D and 3D visualisation of the created model and simultaneous visualisation of its particular layers (Fig. 3). One of its advantages

is the easiness of use and possibility of uninhibited work on the model. If there are necessary changes made in the model, the program does not require rebuilding of the whole conceptual model. The possibility of application of the conceptual model in leading modelling programs (Visual Modflow and FeFlow) is its undeniable advantage, however, the program allows much better adjustment of the conceptual model to Visual Modflow – access to more boundary conditions. The greatest disadvantages of HGB is little possibility of verifying the structural model – there is no possibility to import selected cross-sections.

The structural model will be complemented by boundary conditions and hydrogeological parameters giving a conceptual model. The aquifer system as a conceptual model will be used for simulation modelling in Visual Modflow. The groundwater flow model of the direct catchment area of the Goczałkowice reservoir will answer the question about the role of the groundwater in the water balance of the reservoir.

