

BUDOWA MODELI PRZEPŁYWU Z WYKORZYSTANIEM DANYCH INFRASTRUKTURY GEOINFORMACYJNEJ INSPIRE

GROUNDWATER FLOW MODELS CONSTRUCTION WITH APPLICATION OF DATA FROM GEOINFORMATION INFRASTRUCTURE INSPIRE

JANUSZ MICHALAK¹

Abstrakt. Tradycyjne podejście do metodyki modelowania przepływu wody podziemnej ma niekorzystny wpływ na obecny rozwój tego działu hydrogeologii. Konsekwencją tego jest traktowanie danych wejściowych i wynikowych modeli jako „poprodukcyjne” pozostałości prac, których podstawowym celem jest papierowa mapa zawierająca wyniki lub tabelaryczne zestawienie arbitralnie wybranych wielkości liczbowych charakteryzujących warunki hydrogeologiczne. Szczegółowe i kompletne dane opracowane dla modelu lub uzyskane z symulacji są nieporównywalnie cenniejsze i koszty ich uzyskania są znaczne. Najczęściej jednak dane te przepadają bezpowrotnie. Z tego względu zastosowanie nowych technologii geoinformacyjnych i teleinformatycznych do przechowywania i udostępniania tych danych jest sprawą bardzo ważną i wymagającą pilnych prac teoretycznych, eksperymentalnych i aplikacyjnych. Podstawę prawną dla wszelkich działań w tym zakresie stanowi dyrektywa INSPIRE, a podstawą w zakresie standardów są specyfikacje OGC i normy grupy ISO 19100. W tekście zawarte są przykłady koncepcji rozwiązań opartych na tych dokumentach.

Słowa kluczowe: modelowanie hydrogeologiczne, dane geoprzestrzenne, infrastruktura geoinformacyjna, webowa usługa map (WMS), webowa usługa wyróżnień (WFS), webowa usługa pokryć (WCS), webowa usługa przetwarzania (WPS).

Abstract. Traditional approach to the methodology of groundwater flow modelling has adverse impact on current development of this branch of hydrogeology. In consequence, input data and results of simulations are treated as “postproduction” remains of work, which fundamental aim is a paper map comprising results or tabular list of arbitrarily selected numerical quantities describing hydrogeological conditions. Detailed and complete data for a model or obtained from simulation are incomparably more valuable, and acquiring costs are considerable. However, most often we lose these data irretrievably. For this reason, application of new geospatial data technologies and data communication technologies for storage and making these data available is currently a very important issue and needs urgent theoretical, experimental and implicational works. The INSPIRE Directive is a legislative base for all activities in this scope, together with OGC specifications and ISO 19100 group of standards. There are examples of conceptual solutions based on these documents in the text.

Key words: hydrogeological modelling, geospatial data, geospatial infrastructure, Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS), Web Processing Service (WPS).

WSTĘP

Inspiracją do napisania tego artykułu było opublikowanie przez Głównego Geologa Kraju dwóch dokumentów programowych. Pierwszy z nich ukazał się na stronach witryny Ministerstwa Środowiska w czerwcu 2008 i jest zaty-

tułowany „Polityka resortu w dziedzinie hydrogeologii (na lata 2008–2015)” (MŚ, 2008a), a drugi, pod tytułem „Polityka resortu w dziedzinie kartografii geologicznej (na lata 2008–2015)”, ukazał się na tej samej stronie miesiąc póź-

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; e-mail: j.michalak@uw.edu.pl

niej (MŚ, 2008b). Oba te dokumenty określają ogólną strategię rozwoju w zakresie dziedzin związanych ściśle z problematyką modelowania hydrogeologicznego, a zwłaszcza z modelowaniem przepływu wody podziemnej. Planowanie działań na najbliższe 8 lat w zakresie zagadnień bardzo uzależnionych od szybko postępującego rozwoju technologicznego w dziedzinie geoinformacji jest zadaniem bardzo trudnym. Z tego względu dokumenty te powinny być trak-

towane raczej jako wstępne koncepcje, które najprawdopodobniej po trzech lub czterech latach będą uaktualnione. Przykładem niech będzie Internet, który w Polsce ma dopiero 16 lat, jego znaczący rozwój obejmuje ostatnie 8 lat, a jego wpływ na metody pozyskiwania i analizy informacji geologicznej i hydrogeologicznej jest tak wielki, że aż trudno do określenia.

ROLA MODELI PRZEPŁYWU W BADANIACH HYDROGEOLOGICZNYCH

Dokument określający politykę resortu w dziedzinie hydrogeologii problematykę modelowania hydrogeologicznego traktuje raczej marginesowo, najczęściej obok badań geofizycznych, gdy wylicza się różne rodzaje badań dodatkowych wspomagających lub służących badaniom hydrogeologicznym. W zawierającym 119 stron dokumencie słowo model lub modelowanie występuje jedynie kilka razy i w dodatku w większości przypadków nie dotyczy modeli przepływu. Jedynym pozytywnym wyjątkiem jest zaplanowanie opracowania poradnika pod tytułem „Metodyka modelowania matematycznego dla potrzeb badań hydrogeologicznych”, a także częściowo związanego z tymi zagadnieniami poradnika „Metodyka określania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych”.

Obecnie zdecydowana większość badań hydrogeologicznych prowadzonych w ramach różnych projektów badawczych i prac dokumentacyjnych w zakresie hydrogeologii nie może być poprawnie wykonana bez zastosowania modeli przepływu, a w wielu przypadkach jest to nawet obowiązek wynikający z przyjętych zasad. Role, jakie pełnią modele w badaniach hydrogeologicznych, są obecnie bardziej zróżnicowane i bardziej złożone niż kilka lat temu. Dawniej modele były traktowane prawie wyłącznie jako metoda obliczeniowa do wyznaczania pewnych wielkości charakteryzujących przepływ wody podziemnej lub stan systemu hydrogeologicznego. Obecnie model jest prawie zawsze pewnego rodzaju „zwieńczeniem” wszystkich innych prac realizowanych w ramach określonego projektu hydrogeologicznego. W tej sytuacji zadania modeli są następujące:

- weryfikacja naszych wyobrażeń i hipotez dotyczących badanej przestrzeni hydrogeologicznej, systemu lub procesu;
- ścisłe, logiczne i matematyczne powiązanie informacji dotyczących przedmiotu badań, wyrażonych w formie danych opisowych i liczbowych, w tym geometrycznych i topologicznych;
- wykazanie wewnętrznych sprzeczności w zbiorze informacji i pomoc w określeniu, które z danych są błędne lub niedostatecznie dokładne;
- wyznaczenie efektywnych wartości parametrów środowiska hydrogeologicznego i wielkości określających oddziaływanie niezależnych czynników zewnętrznych na to środowisko; działania takie są często określane jako generalizacja przestrzenna;

- analiza stanu obserwowanego, nazywanego często stanem pomierzonym lub stanem aktualnym (obecnym), dostarcza wielu informacji o stanie systemu, których nie można uzyskać innymi metodami;

- symulacje stanów innych niż stan obserwowany; do tej kategorii należą wszelkie symulacje prognostyczne związane z projektowaniem ujęć, odwodnień itp., a także symulacje odtwarzające stany historyczne, np. stany pierwotne;

- opracowywanie map hydroizohips, nie tylko dla stanu obserwowanego; tradycyjne opracowywanie tych map na papierze drogą interpolacji daje rezultaty sprzeczne z podstawowymi zasadami dynamiki wód podziemnych, na przykład brak zachowania ciągłości przepływu lub sprzeczność obrazu hydroizohips z prawem Darcy;

- bilansowanie strumieni wody podziemnej w obrębie analizowanego systemu i pomiędzy systemem a jego otoczeniem, np. wodami powierzchniowymi;

- identyfikacja parametrów charakteryzujących przestrzeń hydrogeologiczną i czynniki zewnętrzne kształtujące stan systemu; działania takie są często koniecznością wynikającą z bardzo ograniczonej liczby danych niezbędnych do opracowania modelu i w konsekwencji interpolacji przestrzennej tych danych pomiędzy odległymi punktami;

- jednak nadal jednym z głównych zadań modeli jest wyznaczanie wielkości fizycznych charakteryzujących stan systemu hydrogeologicznego – niezbędnych do projektowania obiektów hydrogeologicznych i hydrotechnicznych, takich jak ujęcia wód podziemnych, systemy odwodnień i sztuczne zbiorniki wód powierzchniowych.

Z powyższego zestawienia wynika, że model przepływu wody podziemnej jest w pewnym sensie elementem głównym w badaniach i pracach hydrogeologicznych. Jego realizacja jest prawie zawsze ostatnim etapem projektu. Z doświadczeń wynika, że inne badania i prace hydrogeologiczne powinny być podporządkowane badaniom modelowym pod względem zakresu i planowanych wyników, ponieważ ich rezultaty stanowią podstawowe dane dla modelu i jednocześnie powinny być przez model ten zweryfikowane. Taka pozycja badań modelowych wśród innych badań hydrogeologicznych określonego projektu niestety nie znajduje odzwierciedlenia w dokumencie programowym dotyczącym rozwoju hydrogeologii w najbliższych 8 latach (MŚ, 2008a). Można jednak mieć nadzieję, że autorzy tego dokumentu, w więk-

szości zajmujący się modelowaniem i z racji tego doceniający niekwestionowaną rolę tych metod, pisząc o badaniach hydrogeologicznych myśleli także o badaniach modelowych jako niezbędnej i integralnej ich części. Jednak mniej doświadczony czytelnik z faktu, że zagadnienia modeli hydrogeologicznych są tak mało tam widoczne, może wyciągnąć niepoprawny wniosek o ich marginalnym znaczeniu i niewielkiej przydatności.

Innym, często spotykanym problemem jest brak „synchronizacji” w projekcie pomiędzy różnymi pracami terenowymi i kameralnymi a badaniami modelowymi. W takiej sytuacji wiele wyników różnych badań okazuje się nieprzydat-

nych w opracowaniu modelu, a jednocześnie brakuje wielu różnych danych, które są niezbędne do prawidłowej oceny jego budowy.

Z powyższego wynika postulat adresowany do decyzyjnych gremiów w zakresie hydrogeologii:

Problem właściwych relacji pomiędzy projektowanymi badaniami i pracami hydrogeologicznymi a związanymi z nimi badaniami w zakresie modelowania wykracza poza metodykę budowy modeli hydrogeologicznych i powinien znaleźć swoje właściwe miejsce w ogólnych wytycznych projektowania i realizacji badań i prac hydrogeologicznych.

DANE DO MODELI W POSTACI CYFROWEJ

Drugi dokument dotyczący rozwoju kartografii geologicznej (MŚ, 2008b) również ma istotne znaczenie dla rozwoju modelowania hydrogeologicznego, pomimo że jego tytuł pozornie na to nie wskazuje. Termin „kartografia”, podobnie jak terminy „maszynopisanie” i „maszynopis”, w ostatnich latach traci stopniowo swój sens ontologiczny. Tak zwana „kartografia cyfrowa” nie dotyczy nowej elektronicznej formy mapy, lecz jest jedynie formą przejściową pomiędzy tradycyjną mapą papierową a geoinformacją zapisaną w postaci cyfrowej, która może być zobrazowana graficznie, ale nie musi. To stopniowe przechodzenie od map do geoinformacji zobrazowanej graficznie jest w tym dokumencie wyraźnie widoczne.

Trzeba tu jednak zwrócić uwagę, że oba te dokumenty są bardzo trudne do zrozumienia w zakresie zagadnień geologicznej i hydrogeologicznej informacji przestrzennej, a przyczyną tego jest wielki zamęt terminologiczny. Czytelnik odnosi wrażenie, że wiele terminów z tego zakresu jest tam używanych w innym sensie niż ten wynikający z definicji zawartych w licznych słownikach i leksykonach dotyczących informacji geoprzestrzennej, a także nie są one zgodne z terminologią stosowaną w obowiązujących w Polsce normach grupy ISO 19100. Część tych terminów jest niezrozumiała nawet dla osób specjalizujących się w tych zagadnieniach. Przykładami takich terminów są: *technologia 3D*, *słownik korporacyjny*, *usługa mapowa*, *informacja atrybutowa*, *baza kartograficzna*, *bank danych*, *warstwa tematyczna*, *warstwa normatywna (referencyjna)*, *warstwa informacyjna bazy*, *baza ciągła przestrzennie*, *cyfrowa baza danych*, *mapa numeryczna*, *projekt cyfrowy* i *opracowanie cyfrowe hydrodynamiki*.

Stosowane obecnie zaawansowane metody modelowania hydrogeologicznego wymagają różnorodnych danych wejściowych w postaci dużych zbiorów cyfrowych z określonym bezpośrednim odniesieniem geoprzestrzennym. Źródłami, z których można takie dane pozyskać, są tematyczne zbiory hydrogeologicznych danych geoprzestrzennych, zgromadzone i gromadzone obecnie i w przyszłości w bazach danych geoprzestrzennych, do których w omawianych dokumentach stosuje się różne określenia: *banki danych*, *banki informacji*,

bazy danych map hydrogeologicznych i geologicznych, *bazy kartograficzne*, *bazy danych GIS*, *mapy cyfrowe*, *atlasy cyfrowe* i *projekty cyfrowe*.

Wymienione powyżej źródła są jednak bardzo różnorodne pod względem treści i formy zapisu, a szczególnie pod względem modeli danych w nich zawartych – ich ontologii, semantyki, struktury i formatów zapisu. W nielicznych przypadkach zastosowane tam modele danych pozwalają na bezproblemowe i pełne wykorzystanie tych danych do badań modelowych. Jak wynika z doświadczeń, największy pożytek w badaniach modelowych można mieć z danych pozyskanych z bazy „Bank HYDRO”, ponieważ opisane tam obiekty, głównie wiercenia, w układzie płaskim poziomym (2D:x,y) są geometrycznie reprezentowane jako punkty. Najbardziej kłopotliwym źródłem danych do badań modelowych są zbiory danych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000. Wynika to z faktu, że koncepcja dotycząca treści, modelu danych i formy tej mapy była ukierunkowana na tradycyjną formę papierową końcowego produktu i jej zadaniem było dostarczenie informacji niezbędnych do prac hydrogeologicznych prowadzonych metodami tradycyjnymi, bez zastosowania modeli przepływu. Główną przeszkodą w wykorzystaniu zawartych tam danych jest posługiwanie się pojęciem *głównego poziomu użytkowego*. Inną przyczyną jest przyjęty tam dla parametrów warstwy wodonosnej model danych operujący atrybutami interwałowymi – często o interwałach tak dużych, że w praktyce dane te nie mogą być wykorzystane do badań modelowych.

Obok źródeł danych dotyczących ściśle problematyki hydrogeologicznej, w badaniach modelowych wykorzystuje się również różne inne źródła danych w postaci cyfrowej. Należą do nich między innymi:

- dane ogólnogeologiczne, np. Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000 i obecnie opracowywana Mapa litologiczna Polski 1:50 000 w postaci wektorowej do określenia przestrzennej budowy płytkich poziomów wodonosnych i warunków infiltracji;
- dane hydrologiczne, w tym wektorowa Mapa podziału hydrograficznego Polski 1:50 000 do określenia granic modeli i związków wód powierzchniowych z wodami podziemnymi;

– dane dotyczące obszarów chronionych, np. cyfrowe mapy NATURA 2000 do określenia ograniczeń środowiskowych przy wyznaczaniu zasobów dyspozycyjnych;

– numeryczny model powierzchni terenu, w tym SRTM3, DTED-L2 i SRTM-DTED, często stanowiący podstawę do określenia budowy przestrzennej modelowanego systemu i niezbędny do weryfikacji danych wejściowych i wyników w postaci rzędnych wysokościowych;

– dane topograficzne, np. wektorowe mapy VMap-L2 w formacie Shape, stanowiące dane referencyjne dla pozostałych danych tematycznych;

– ortofotomapy lotnicze lub satelitarne, w tym Landsat 7 ETM+ do określenia pokrycia terenu przy wyznaczaniu zmienności przestrzennej parowania terenowego i do weryfikacji położenia różnych obiektów mających znaczenie dla modelowanych zjawisk hydrogeologicznych;

– obok danych Landsat 7 ETM+ do wyznaczania zmienności przestrzennej pokrycia terenu można również wykorzystać wektorowe dane CORIN LadCover, których dokładność i szczegółowość w przybliżeniu odpowiada skali 1:50 000.

Dane „niehydrogeologiczne” wykorzystywane do modelowania hydrogeologicznego również często sprawiają wiele

kłopotu ze względu na ich modele semantyczne i strukturalne nieodpowiadające potrzebom modelowania. Jednak w tym przypadku korzystamy z danych przeznaczonych do innych celów i trzeba to przyjąć jako sytuację normalną.

Powracając do hydrogeologicznych danych cyfrowych, fakt, że zastosowanie ich w modelowaniu sprawia wiele problemów, jest sytuacją niepokojącą. Świadczy to o braku wspomnianej wcześniej „synchronizacji” różnych innych badań hydrogeologicznych z badaniami modelowymi. Biorąc pod uwagę „wieńczącą” rolę badań modelowych w ramach określonego projektu i fakt, że niedopasowanie modeli danych powoduje konieczność pracochłonnego i kosztownego przekształcania tych danych z jednoczesną utratą ich dokładności, należy tu sformułować kolejny postulat:

Wszelkie hydrogeologiczne cyfrowe dane geoprzestrzenne (posiadające odniesienie wyrażone współrzędnymi) powstające w wyniku badań i prac hydrogeologicznych, a szczególnie dane kartograficzne, powinny mieć modele semantyczne i strukturalne pozwalające na stosunkowo łatwe i bezstratne przekształcenie ich do postaci odpowiedniej dla danych wejściowych do budowy modeli hydrogeologicznych.

PRZETWARZANIE DANYCH W ŚRODOWISKU SYSTEMU GEOINFORMATYCZNEGO

Wielkość i złożoność modeli, jakie opracowuje się w trakcie zaawansowanych badań modelowych, jest tak znaczna, że przygotowanie danych wymaga zastosowania systemów geoinformatycznych, popularnie nazywanych GIS-ami. Tradycyjne metody przygotowania danych sprawiają, że prace te trwają miesiącami i przygotowane w ten sposób dane zawierają wiele błędów, których wyznajdywanie i poprawianie jest bardzo żmudne. Wymienione w poprzednim rozdziale źródłowe dane geoprzestrzenne w postaci cyfrowej, a szczególnie dane kartograficzne, mogą być i powinny być przetworzone do postaci wejściowych danych modelu przy użyciu takich systemów. Również analiza wyników badań modelowych i przygotowanie graficznych załączników przedstawiających te wyniki może być w środowisku systemu geoinformatycznego wykonane znacznie lepiej niż w jaki-

kolwiek inny sposób. Inne ważne zastosowanie tych systemów w modelowaniu hydrogeologicznym to przenoszenie danych wejściowych i wyników pomiędzy różnymi modelami opisującymi ten sam system hydrogeologiczny lub jego fragmenty. Kolejne ważne zastosowanie systemów geoinformatycznych to archiwizowanie modelu hydrogeologicznego, w tym jego struktury i wszystkich jego danych dla potencjalnych przyszłych prac modelowych (fig. 1). W informatyce i geomatyce podejście takie określane jest terminem *ponowne użycie* (ang. *reuse*).

Potrzeba takich prac może wynikać na przykład w związku z pozyskaniem nowych danych istotnie zmieniających dotychczasowy stopień rozpoznania hydrogeologicznego, w związku z planowaniem budowy nowych ujęć lub innych obiektów hydrogeotechnicznych lub w związku

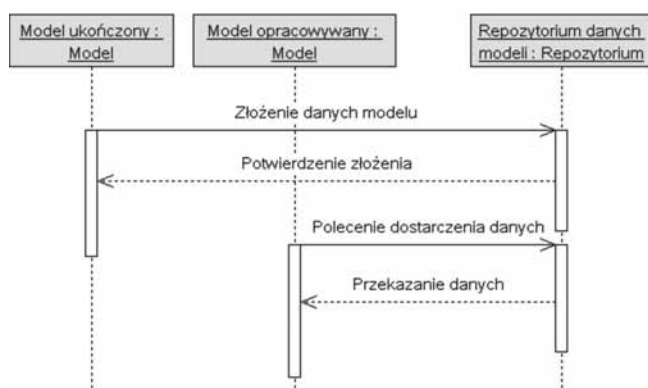


Fig. 1. Schematyczne przedstawienie koncepcji składania i pobierania danych modeli w sieciowo dostępnym repozytorium (diagram interakcji w języku UML, zdjęcie ekranu programu Rational Rose)

Schematically presented concept of downloading and uploading of modelling data in a repository accessible by the network (interaction diagram in UML language, screen snapshot of Rational Rose program)

z potrzebą weryfikacji opracowanej wcześniej prognozy hydrogeologicznej.

Zasada *reuse* należy do podstawowych we współczesnej informatyce, ale trzeba tu podkreślić, że jest także od dawna stosowana w tradycyjnej geologii. Wszelkie terenowe materiały robocze, jak np. szkice, notatki i schematyczne mapki, są archiwizowane i można z nich korzystać w późniejszych pracach dotyczących tego terenu. W konsekwencji powstaje pytanie, dlaczego dane dotyczące modeli hydrogeologicznych nie podlegają obowiązkowi archiwizowania. Szczegółowe i kompletne dane opracowane dla modelu lub uzyskane z symulacji są nieporównywalnie cenniejsze od papierowej mapki zawierającej uproszczony obraz wyników, a koszty uzyskania tych danych są znaczne. Najczęściej jednak dane te przepadają bezpowrotnie. W tej sytuacji koniecznością jest sformułowanie kolejnego postulatu:

Wszelkie dane cyfrowe opracowywane dla modeli hydrogeologicznych lub uzyskane z tych modeli powinny być archiwizowane w repozytoriach dla ich ponownego użycia. Cyfrowe formy archiwizowania tych danych, a zwłaszcza ich modele semantyczne i strukturalne, powinny umożliwiać stosunkowo proste i bezstratne przetworzenie ich dla potrzeb modeli opracowywanych w przyszłości.

W przeciwieństwie do typowych danych hydrogeologicznych w postaci cyfrowej, dane geoprzestrzenne przetwarzane

w systemach geoinformatycznych ujęte są wieloma standardami i normami, z których do najważniejszych zalicza się specyfikacje OGC (*Open Geospatial Consortium*) i normy grupy ISO 19100, opracowywane w Komitecie Technicznym ISO/TC211 na podstawie specyfikacji OGC. Normy te zostały przyjęte przez Europejską Organizację Normalizacyjną (CEN) i przez Polski Komitet Normalizacyjny (PKN), co sprawia, że są to jedyne normy, jakie w Polsce mogą być stosowane do geoinformacji, jej przetwarzania, przechowywania, przesyłania i udostępniania.

Potrzeba opracowywania specyfikacji i norm w zakresie danych geoprzestrzennych wynika z wielkiej różnorodności systemów geoinformatycznych przeznaczonych do różnych, często bardzo specyficznych, potrzeb i jednocześnie z konieczności wzajemnego komunikowania się tych systemów, głównie w zakresie przesyłania danych, ale ostatnio także w zakresie zdalnego ich przetwarzania. Typowy przykład takiej komunikacji w zakresie przesyłania danych do modelowania hydrogeologicznego jest przedstawiony na figurze 2. Inny przykład komunikacji systemów w zakresie zdalnego wykonania zadania symulacji jest przedstawiony na figurze 3. Rola specyfikacji i norm w zakresie geoinformacji nabiera szczególnego znaczenia w związku z przygotowaniami do wprowadzenia w życie Dyrektywy INSPIRE w krajach Unii Europejskiej – w tym także w Polsce (PEiR, 2007; KWE, 2008).

POZYSKIWANIE DANYCH ZA POMOCĄ SERWISÓW WMS, WFS I WCS

Opracowane w OGC i przyjęte jako normy przez ISO serwisy dotyczące pozyskiwania danych geoprzestrzennych w ramach infrastruktury: webowa usługa map (*Web Map Service* – WMS), webowa usługa wyróżnień (*Web Feature Service* – WFS), webowa usługa pokryć (*Web Coverage Service* – WCS) stanowią podstawy technologiczne do pozyskiwania danych dla modeli hydrogeologicznych z wykorzystaniem internetowego protokołu HTTP (*Hiper-Text Transfer Protocol*). Figura 2 przedstawia schematycznie proces pozyskiwania danych z zastosowaniem tych standardowych technologii.

W obu dokumentach przedstawiających politykę resortu, zarówno w zakresie kartografii (MŚ, 2008b), jak i w zakresie hydrogeologii (MŚ, 2008a), zagadnienia standaryzacji i normalizacji są sygnalizowane i podkreślana jest waga tego problemu. Jednak nie można się z nich dowiedzieć konkretnie, czy aktualnie prowadzone, a także planowane prace z zakresu geoinformacji uwzględniają przyjęte w Polsce normy ISO i w jaki sposób jest lub będzie to realizowane. W nielicznych przypadkach można znaleźć pewne wskazówki świadczące o tym, że pewne przyjęte w tych normach ustalenia będą uwzględnione. Do tych przypadków w zakresie kartografii można zaliczyć wymienione tam główne, niestety jednak bardzo ogólne, cele prac nad systemem IKAR (Zintegrowanym Systemem Kartografii Geologicznej):

– „GeoPortal IKAR ma udostępniać sieciowe usługi katalogowe (CSW) i mapowe (WMS)”;

– „Wykonane i planowane prace w ramach systemu IKAR są najważniejszym elementem przygotowującym kartografię geologiczną do wdrożenia dyrektywy 2007/2/WE (INSPIRE)”;

– „Ułatwienie dostępu do informacji poprzez standaryzację formatów dla gromadzenia, wymiany i udostępniania informacji przestrzennych i atrybutowych, między innymi poprzez kontynuację wdrożenia międzynarodowych standardów (ISO) i specyfikacji Open Geospatial Consortium (OGC)”;

– „Wdrażanie międzynarodowych standardów i specyfikacji, co pozwoli na łatwe wyszukiwanie informacji poprzez zastosowanie usług katalogowych (OGC Catalogue Service Web) oraz udostępnianie i publikowanie informacji poprzez zastosowanie usług mapowych (OGC Web Map Service, OGC Web Feature Service, OGC Web Coverage Service)”;

– „Wdrażanie i rozwój GeoPortalu systemu IKAR pozwalającego na publiczny dostęp do metadanych (OGC CSW) i wybranych danych przestrzennych (OGC WMS) oraz dostępu do pełnych zasobów przez uprawnionych użytkowników (OGC WFS)”.

Z powyższego wynika, że w zakresie kartografii problematyka normalizacji jest dostrzegana, lecz można przypuszczać, że autorzy tego dokumentu nie zdają sobie sprawy ze złożoności tego problemu i ogromu prac, jakie wynikają

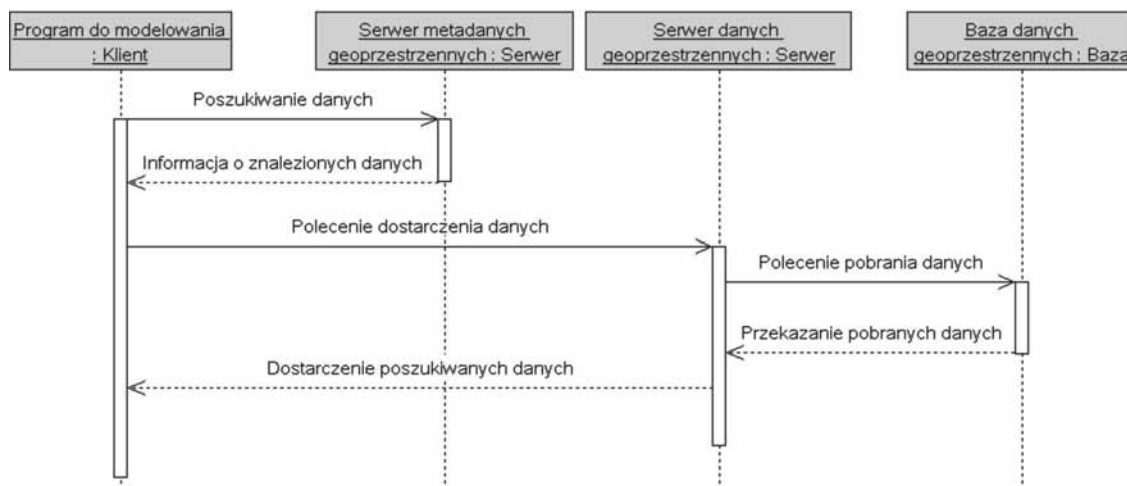


Fig. 2. Schematyczne przedstawienie procesu pozyskiwania danych do modelu za pomocą infrastruktury geoinformacyjnej (diagram interakcji w języku UML, zdjęcie ekranu, programy Rational Rose)

Schematically presented process of data acquiring for a model with application of geoinformation infrastructure (interaction diagram in UML language, screen snapshot of Rational Rose program)

z zarysowanego tam ogólnie planu działań. Wskazuje na to między innymi fakt, że niedawno uruchomiony podstawowy moduł systemu IKAR nie spełnia wymienionych w tym dokumencie standardów OGC i norm ISO, a większość opracowywanych w zakresie geologii produktów kartograficznych również ich nie spełnia.

W dokumencie dotyczącym dziedziny hydrogeologii zagadnienie standaryzacji nigdzie nie występuje. Są tam za to informacje o tym, że podstawową technologią geoinformatyczną jest i będzie nadal technologia firmy Intergraph, która normy grupy ISO 19100 spełnia w bardzo ograniczonym zakresie:

– planuje się opracowanie „ciągłej bazy danych GIS MhP, utworzonej w środowisku oprogramowania INTERGRAPH GeoMedia Professional”;

– „Bazy (informacji hydrogeologicznej) współpracują ze sobą za pomocą Platformy Integrycyjnej PSH, umożliwiającej zalogowanie się do wszystkich baz, korzystanie z ich zasobów oraz realizację z pomocą ich narzędzi własnych projektów”; z innych źródeł wiadomo, że również ta platforma jest realizowana na podstawie oprogramowania firmy Intergraph – GeoIntegrator oraz GeoMedia WebMap.

Kolejny postulat kierowany do gremiów decyzyjnych:

Ogólne i niejasne deklaracje dotyczące stosowania przyjętych w Polsce norm ISO do informacji geoprzestrzennej w zakresie hydrogeologii i kartografii geologicznej są niewystarczające. W związku ze zbliżającym się szybko terminem realizacji dyrektywy INSPIRE konieczne są bardzo pilne konkretne prace nad dostosowaniem istniejących już i opracowywanych zasobów geoinformacyjnych do wymagań określonych w tych normach.

MODELE TRWAŁE JAKO SYSTEMY WSPOMAGANIA PODEJMOWANIA DECYZJI

Dawniej, a także obecnie modele przepływu wody podziemnej funkcjonują jedynie przez krótki okres badań modelowych i po ich zakończeniu są likwidowane. W nielicznych przypadkach autorzy tych modeli przechowują dane na własny użytek. Ponieważ model wraz zdanymi, które zawiera, jest wynikiem stosunkowo długich i kosztowych prac, likwidowanie go jest sprzeczne z zasadą *reuse*. Fakt ten prowadzi do koncepcji modeli trwałych, czyli takich, które mogą być uruchomione w dowolnym czasie po zakończeniu badań, w wyniku których powstały. Sytuacje, w których może wystąpić potrzeba uruchomienia modelu, w praktyce hydrogeologicznej zdarzają się często i należą do nich między innymi decyzje administracyjne dotyczące zwiększenia dopuszczalnej wielkości poboru wody z ujęcia istniejącego lub określe-

nie tej wielkości dla nowego ujęcia o niedużej wydajności. Szczególne znaczenie w zagadnieniach wyznaczania zasobów dyspozycyjnych mają modele trwałe, ponieważ różne nowe czynniki pojawiające się po wyznaczeniu i zatwierdzeniu tych zasobów mogą istotnie zmienić ich pierwotną wielkość. Przykładem takiej sytuacji jest ustalanie nowych obszarów chronionych w ramach działań wynikających z programu Natura 2000. W tej sytuacji model trwały pełni rolę systemu wspomaganie podejmowania decyzji (DSS – *Decision Support System*).

Połączenie koncepcji modeli trwałych z koncepcją zdalnego przetwarzania geoinformacji daje możliwość opracowania webowego serwisu umożliwiającego realizację zdalnych systemów wspomagających podejmowanie decyzji za

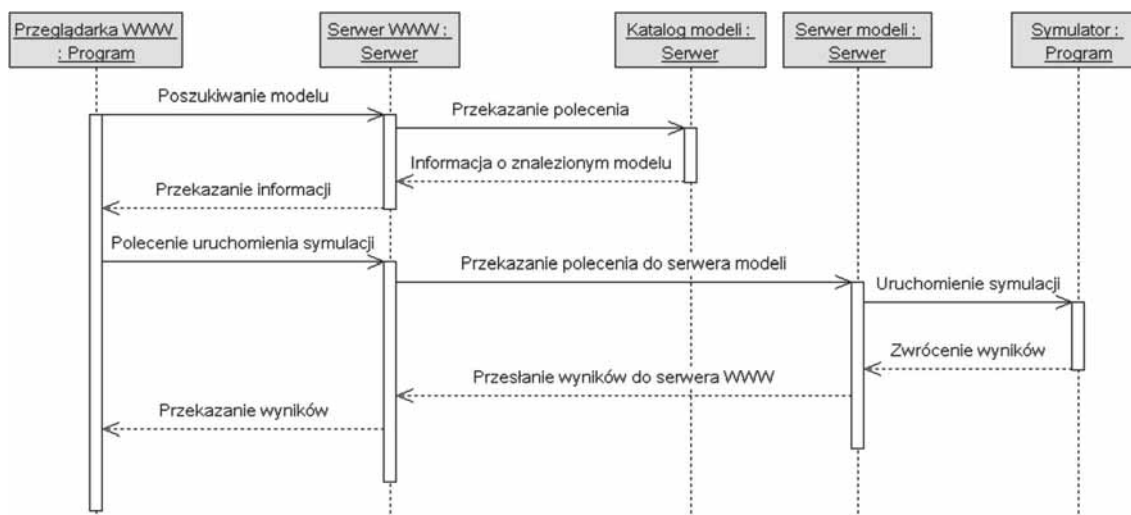


Fig. 3. Schematyczne przedstawienie procesu zdalnej symulacji jako procedury wspomagania podejmowania decyzji za pomocą infrastruktury geoinformacyjnej (diagram interakcji w języku UML, zdjęcie ekranu, programy Rational Rose)

Schematically presented process of remote simulation as a decision-making support procedure with application of geoinformation infrastructure (interaction diagram in UML language, screen snapshot of Rational Rose program)

pośrednictwem internetu, a ściślej za pośrednictwem infrastruktury geoinformacyjnej. Podstawę technologiczną i standaryzacyjną dla tej koncepcji stanowi specyfikacja OGC dotycząca usługi przetwarzania webowego (WPS – *Web Processing Service*) (OGC, 2005). Figura 3 przedstawia schemat interakcji w trakcie zdalnego uruchamiania symulacji za pomocą wybranego modelu. Polecenie uruchomienia symulacji zawiera wszystkie niezbędne parametry określające nowe warunki, np. lokalizację nowego ujęcia i przewidywany pobór wody. Po wykonaniu symulacji, jako wynik zwrotny, może być przekazana mapka przedstawiająca nowy stan hydrodynamiczny systemu hydrogeologicznego i informacje, czy i gdzie nastąpiło ewentualne naruszenie ograniczeń środowiskowych. Podobne koncepcje zdalnych systemów wspo-

magania podejmowania decyzji są również oparte na standardach OGC i ISO (Annoni i in., 2005; Raape i in., 2005).

Przedstawiona tu koncepcja może na pozór wydawać się bardzo odległa, jednak to, co jest potrzebne do jej zrealizowania, jest już w około 80% dostępne jako oprogramowanie otwarte (OSS – *Open Source Software*) i stosunkowo niewielkim nakładem pracy można uruchomić prototypowy serwer modeli przepływu wody podziemnej zgodny z normami ISO i specyfikacjami OGC (OGC, 2005), a w konsekwencji spełniający wymagania Dyrektywy INSPIRE w zakresie usług. Ten typ usługi w ramach INSPIRE jest zaliczany do kategorii określonej numerem 500 (usługi przetwarzania geograficzno-tematycznego) i podkategorii 501 (usługa obliczania geoparametrów) (KWE, 2008).

PODSUMOWANIE

Przedstawiona tu analiza dwóch dokumentów określających politykę Ministerstwa Środowiska w problematyce związanej z modelowaniem hydrogeologicznym wykazuje, że zagadnienia modelowania hydrogeologicznego są przez resort traktowane marginesowo. W poszczególnych rozdziałach artykułu zawarto postulaty adresowane do decyzyjnych gremiów hydrogeologicznych, których celem jest zwrócenie uwagi na brak „synchronizacji” pomiędzy podstawowymi badaniami hydrogeologicznymi a badaniami z zastosowaniem modeli. Należy mieć nadzieję, że przynajmniej częściowe spełnienie tych postulatów wpłynie korzystnie na oba te rodzaje badań hydrogeologicznych.

Szybki postęp technologiczny na polu geoinformacji otwiera nowe horyzonty w zakresie możliwości wykorzystywania modeli w hydrogeologii – zarówno w badaniach naukowych, jak i działalności praktycznej, a także w procedurach podejmowania decyzji administracyjnych. Do przedstawionych tu przykładów możliwości można zaliczyć pozyskiwanie danych za pomocą infrastruktury INSPIRE, archiwizowanie danych z modeli w repozytoriach internetowych i zdalne realizowanie symulacji za pomocą serwerów modeli permanentnych. To są jedynie trzy wybrane przykłady – pełne przedstawienie nowych kierunków rozwoju metod modelowania hydrogeologicznego znacznie wykracza poza objętość tego krótkiego artykułu.

LITERATURA

- ANNONI A., BERNARD L., DOUGLAS J., GREENWOOD J., LAIZ I., LLOYD M., SABEUR Z., SASSEN A.M., SERRANO J.J., USLÄNDER T., 2005 – Orchestra: open architecture and spatial data infrastructure for risk management. URL: http://www.eu-orchestra.org/docs/Paper_Hannover_Orchestra.pdf
- KWE (Komisja Wspólnoty Europejskiej), 2008 – Rozporządzenie w sprawie wykonania dyrektywy 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w zakresie metadanych. Dokument jeszcze nieopublikowany.
- MŚ (Ministerstwo Środowiska), 2008a – Polityka resortu w dziedzinie hydrogeologii (na lata 2008–2015). URL: http://www.mos.gov.pl/dgikg/polityka_resortu/Polityka_w_hydrogeologii_KDH_2.pdf
- MŚ (Ministerstwo Środowiska), 2008b – Polityka resortu w dziedzinie kartografii geologicznej (na lata 2008–2015) URL: http://www.mos.gov.pl/dgikg/polityka_resortu/polityka-kartografia_geologiczna.pdf
- OGC (Open Geospatial Consortium), 2005 – OpenGIS Web Processing Service. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/requests/28>
- PEiR (Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej), 2007 – Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE). URL: <http://vlex.com/vid/37294541>.
- RAAPE U., SIMONIS I., SCHULZE T., 2005 – Concepts and applications of spatiotemporal interoperability in environmental and emergency management. Conference proceedings: Information Technologies in Environmental Engineering (ITEE' 2005), Magdeburg, Germany.