

Zintegrowany System Informacji Przestrzennej o Środowisku (SIPoŚ)

Łukasz Nowacki¹, Jacek Chełmiński¹, Jacek Kocyla¹, Ewa Szykaruk¹, Maciej Tomaszczyk¹



L. Nowacki



J. Chełmiński



J. Kocyla



E. Szykaruk



M. Tomaszczyk

Integrated Environmental Spatial Information System (ESIS). Prz. Geol., 57: 158–163.

Abstract. The main aim of the Environmental Spatial Information System (ESIS) project was to design a methodology for creation of a detailed Digital 3D Model of geological structure, comprising infrastructure data, land use and environmental information and usable for local administration units of the county (powiat) and commune level.

The 3D geological model shows geology down to 30 m below ground level, that is in zone important for land use planning due to the impact of the existing and future surface infrastructure. Integrated Environmental Spatial Information System has been designed to facilitate decision-making processes, assessing resources of common mineral deposits, monitoring natural resources and geohazards predictions.

Keywords: 3D geological model, ESIS, spatial planning, GIS, Wołomin

Jednostki administracji lokalnej, zmuszone rozwiązywać rzeczywiste problemy dotyczące zagospodarowania przestrzennego, nie dysponowały dotychczas skutecznym, nowoczesnym narzędziem do zarządzania modelem głębokiej budowy geologicznej zintegrowanym z danymi przestrzennymi, który przyspieszyłby proces planowania i podejmowania decyzji. Zasadniczą cechą takich Systemów Informacji Przestrzennej (SIP) jest to, że łączą w sobie wiedzę z zakresu wielu dziedzin, m.in. informatyki, geografii, kartografii, geodezji, administracji czy ochrony środowiska. Do chwili obecnej SIP były zbiorem warstw informacyjnych opisujących strukturę powierzchniową interesującego nas obszaru w formie 2D i 2,5D.

Przedstawiony artykuł jest podsumowaniem doświadczeń nabytych w trakcie opracowywania Systemu Informacji Przestrzennej o Środowisku (SIPoŚ) dla gminy Wołomin, w której warstwa informacyjna opisująca budowę geologiczną jest przedstawiona w formie 3D. Projekt ten miał na celu przygotowanie metodyki tworzenia systemu informacyjnego dla jednostek administracji lokalnej (powiatów i gmin). Z tego powodu ograniczono się do wykorzystania dostępnych danych archiwalnych i pominięto kosztowne prace kartograficzne w terenie, niezbędne do uszczegółowienia i weryfikacji modelu (wraz z warstwami tematycznymi) przed jego faktycznym zastosowaniem. System Informacji Przestrzennej o Środowisku zawiera cyfrowy, przestrzenny model budowy geologicznej do 30 m poniżej powierzchni terenu, warstwy informacyjne dotyczące infrastruktury gminnej oraz warstwy planistyczne i informacje o zasobach przyrodniczych. Dzięki otwartej budowie systemu poza standardowymi informacjami można włączyć inne, specyficzne dane. Umożliwia to indywidualne traktowanie każdego obszaru.

Niniejsze opracowanie proponuje nowatorską i nowoczesną metodę rozwiązywania problemów polityki przestrzennej i podejmowania decyzji w jednostkach administracji lokalnej. Wydaje się, że mogłaby ona znaleźć szerokie zastosowanie w wydziałach ochrony środowiska i planowania przestrzennego w gminach i powiatach na terenie całego kraju. W przyszłości systemy takie mogłyby być opracowywane na zlecenie zainteresowanych jednostek, szczególnie tych przygotowujących plany przestrzennego zagospodarowania terenu.

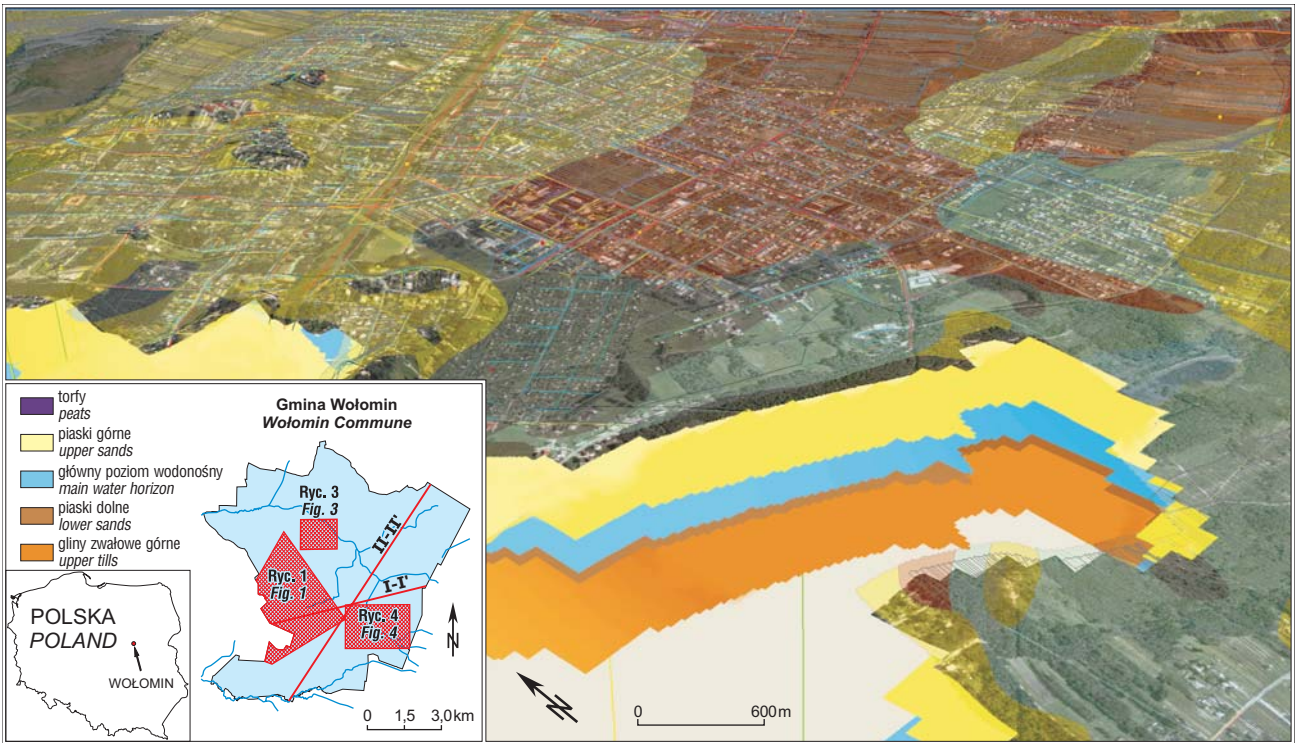
Dane tworzące SIPoŚ

System Informacji Przestrzennej o Środowisku jest uszczegółowieniem Systemu Informacji Przestrzennej opracowanego i wykorzystywanego w jednostkach administracji publicznej (ryc. 1) (Werner, 1992; Nita i in., 2004). Dodatkowym elementem jest numeryczny, przestrzenny model budowy geologicznej (ryc. 2). Model geologiczny obejmuje strefę największych oddziaływań obecnej i planowanej infrastruktury powierzchniowej. Pozwala to na generowanie dynamicznych analiz wpływu, będących opisem interakcji geologiczno-planistycznych.

Podstawowe elementy zawarte w poszczególnych modułach SIP:

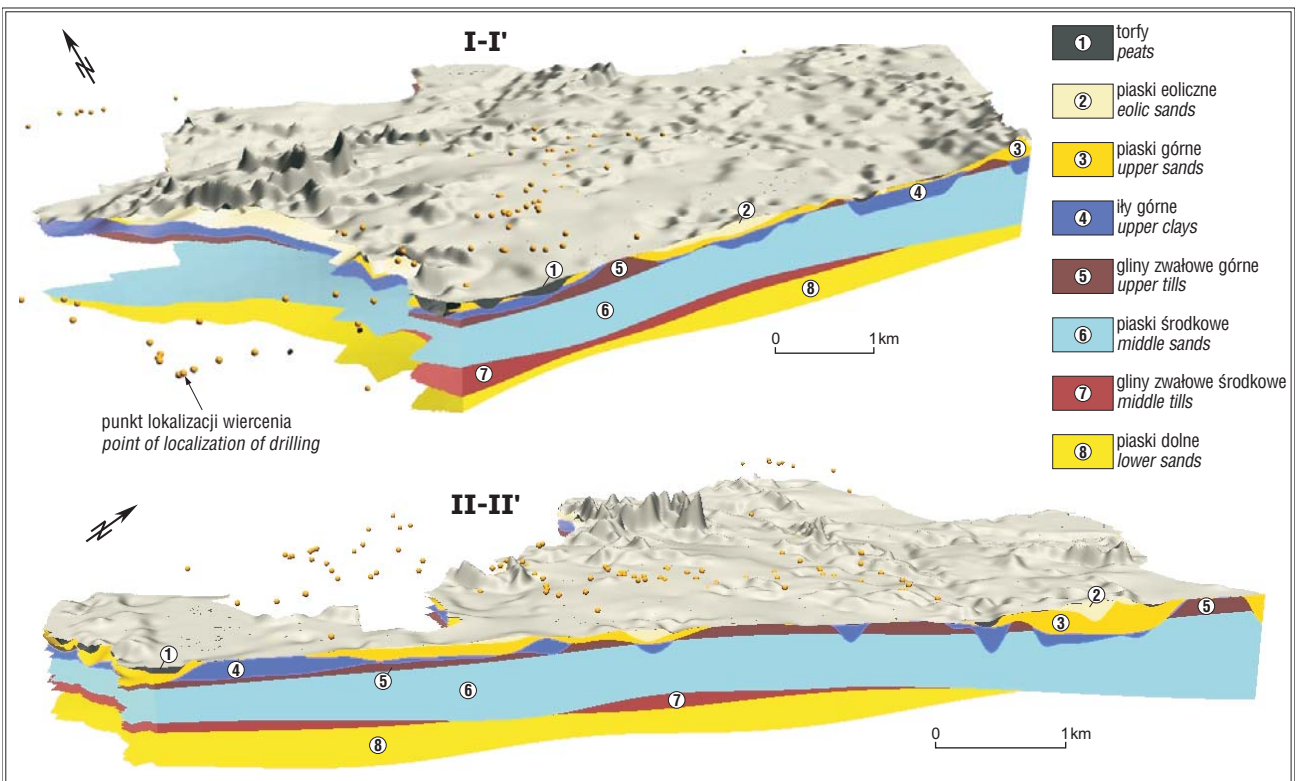
- I. Administracja
 - granice administracyjne
 - podkład topograficzny (ortofotomapa, podkłady rastrowe 1 : 10 000)
- II. Zasoby biotyczne i ich ochrona
 - ochrona przyrody, krajobrazu i zabytków kultury
 - użytkowanie terenu
- III. Zasoby abiotyczne i ich ochrona
 - złoża kopalin
 - prognozy i perspektywy występowania kopalin
 - górnictwo i przetwórstwo kopalin
 - gleby (charakterystyka, użytkowanie)
 - wody podziemne (charakter, zasoby)
 - wody powierzchniowe

¹Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; lukasz.nowacki@pgi.gov.pl, jacek.chelmiński@pgi.gov.pl, jacek.kocyla@pgi.gov.pl, ewa.szykaruk@pgi.gov.pl, maciej.tomaszcyk@pgi.gov.pl



Ryc. 1. Powierzchnie wybranych wydzielen geologicznych i głównego poziomu wodonośnego oraz warstwy wektorowe z informacją o infrastrukturze gminy Wołomin (wizualizacja 2,5D w *ArcScene ArcGIS*)

Fig. 1. Selected geological layers, main water horizon and surface infrastructure of the Wołomin Commune (2,5D visualization — *ArcScene ArcGIS*)



Ryc. 2. Przestrzenna prezentacja trójwymiarowego modelu budowy geologicznej fragmentu gminy Wołomin, wizualizacja *GRASS-nviz*, przewyższenie 30 × (lokalizacja na ryc.1)

Fig. 2. Fragment of the Digital Spatial 3D Model of geological structure of the Wołomin Commune, visualization in *GRASS-nviz* — vertical scale is 30 × horizontal scale (location — see Fig. 1)

- klasy czystości wód
- ujęcia wód
- stopień zagrożenia wód podziemnych i ich wrażliwość na zanieczyszczenia
- warunki podłoża budowlanego

IV. Elementy antropopresji

- miejsca zrzutów ścieków
- składowiska odpadów
- oczyszczalnie ścieków
- obszary przemysłowe
- magazyny paliw
- emitery pyłów i gazów
- hałdy górnicze
- emitery hałasu

V. Dane planistyczne

- miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego
- mapy ewidencji gruntów

Elementy SIPoŚ uzupełniające moduły SIP:

- przestrzenny model (3D) budowy geologicznej warstw do 30 m poniżej powierzchni terenu,
- odpowiednio przygotowany cyfrowy model terenu,
- oznaczenie warstw wodonośnych w obrębie modelu przestrzennego,
- opisy interakcji geologicznych i planistycznych uzyskane dzięki wprowadzeniu dynamicznych analiz wpływu.

Ponadto dane SIP zawarte w modułach III i częściowo IV w SIPoŚ mogą zostać umieszczone w przestrzeni trójwymiarowej.

Konstrukcja elementów SIPoŚ uzupełniających SIP w gminie Wołomin

Do budowy trójwymiarowego modelu geologicznego gminy Wołomin zostały wykorzystane dane archiwalne i cyfrowe Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, m.in. z baz danych SmgP (*Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000*) — arkusze: Radzymin (488) (Bruj, 2003), Tłuszcz (489) (Nowak, 1983), Warszawa Wschód (524) (Sarnacka, 1979), Okuniew (525) (Nowak, 1978); MhP (*Mapa hydrogeologiczna Polski*) — arkusze: Radzymin (488) (Włostowski & Borkowski, 2000), Tłuszcz (489) (Włostowski, 1998), Warszawa Wschód (524) (Cygański & Woźniak, 1997), Okuniew (525) (Perek, 1997), zasoby CBDG (Centralna Baza Danych Geologicznych), a także dane geologiczne będące w posiadaniu gminy. Do analizy i weryfikacji już istniejących danych (map geologicznych) zostały wykorzystane cyfrowe modele terenu *DTED Level 2* (*Digital Terrain Elevation Data Level 2*) i *SRTM-3* (*Shuttle Radar Topography Mission 3*) oraz stworzony specjalnie na potrzeby projektu cyfrowy model terenu o rozdzielczości 10×10 m.

Po przeprowadzeniu niezbędnych analiz danych dostępnych w PIG została wykonana ich integracja z danymi planistycznymi, przy współpracy z Centrum Gospodarki Przestrzennej. Niezbędna jest jednak weryfikacja cyfrowych zasobów zgromadzonych w PIG i ich odpowiednie przygotowanie, zanim zostaną zastosowane do celów planistycznych w konkretnej gminie. Podstawowym warunkiem gwarantującym spójność systemu był fakt posiadania przez gminę Wołomin kompletnego zestawu

cyfrowych danych przestrzennych (ryc. 3), na które składają się m.in.: miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego, mapy ewidencji gruntów, mapy warunków zabudowy, mapy ciągów komunikacyjnych, sieci gazowe, wodociągowe i kanalizacyjne.

Do skonstruowania cyfrowego modelu budowy geologicznej posłużyły profile litologiczne, opracowane na podstawie archiwalnych prac dokumentacyjnych (odkrywki, szurfy, sondy, dokumentacje złożowe, otwory wiertnicze, otwory studzienne itp.) oraz danych interpretacyjnych i naukowo-badawczych (profile i przekroje geologiczne, geologiczno-inżynierskie i hydrogeologiczne). W przyszłych projektach SIPoŚ trzeba będzie uwzględnić wyniki powierzchniowych prac kartograficznych nad uszczegółowieniem do skali 1 : 10 000 istniejących SmgP oraz prac wiertniczych lub geofizycznych, aby uściślić informacje o głębszej budowie obszaru gminy.

Konstrukcję modelu umożliwiła baza danych, utworzona na podstawie rekordów znajdujących się w zasobach SmgP oraz informacji z innych analogowych arkuszy opisujących gminę Wołomin. Wokół gminy została wytyczona strefa buforowa o szerokości 500 m i dla tak powstałej strefy zebrano wszystkie dane geologiczne. W skład bazy danych geologicznych weszły wyniki analiz 140 otworów wiertniczych oraz informacje powierzchniowe ze zdigitalizowanych i tradycyjnych arkuszy map — SmgP i MhP. Dane wejściowe pochodzą z map wykonanych w różnych układach współrzędnych (WGS-84, UTM, PUWG-65, PUWG-42), dlatego podczas budowy warstw modelu konieczna była konwersja do obecnie obowiązującego układu PUWG-92, w tym celu posłużono się narzędziem *GDAL/OGR* (www.gdal.org).

Zebrane dane po weryfikacji zostały zgeneralizowane według założeń modelu, w wyniku czego powstało 8 wydzielen litologicznych: 1) torfy, 2) piaski eoliczne, 3) piaski górne, 4) iły górne, 5) gliny zwałowe górne, 6) piaski środkowe, 7) iły środkowe, 8) gliny zwałowe środkowe i 9) piaski dolne (ryc. 2). Wyznaczono także główny poziom wodonośny.

Warstwy modelu były konstruowane w oprogramowaniu *GRASS GIS* — *Geographic Resources Analysis Support System* (www.grass.itc.it; Neteler & Mitasova, 2007), i *Qgis* (www.qgis.org; Sherman, 2007) na podstawie punktów wyznaczających spągi wydzielen geologicznych w rdzeniach wiertniczych, przekrojów geologicznych i linii intersekcyjnych pozyskanych z map geologicznych. Powierzchnie wydzielen również wygenerowano za pomocą oprogramowania *GRASS GIS*, wykorzystując moduł *RST* (*Regular Splines with Tension Interpolation*). Narzędzie to pozwala na takie dobranie parametrów interpolacji, tensji, wygładzenia oraz maksymalnej i minimalnej odległości pomiędzy interpolowanymi punktami, że otrzymana powierzchnia jest prawie całkowicie pozbawiona artefaktów, a jednocześnie zachowuje zgodność w węzłach (w punktach wierceń i w granicach wychodni na powierzchni terenu). Poszczególne powierzchnie geologiczne interpolowano z punktów 3D (współrzędne x, y i z). Ponieważ model od początku był tworzony w trójwymiarowej przestrzeni, można było w pełni kontrolować kształt powierzchni i przebieg skartowanych granic geologicznych, w szczególnych przypadkach modyfikując kształt powierzchni za pomocą dodatkowych, wirtualnych punktów.

Z uwagi na zbyt małą rozdzielczość *DTED Level 2* powierzchnia terenu w modelu została wygenerowana z punktów 3D, otrzymanych z mapy topograficznej w skali 1 : 10 000 (w układzie 65), oraz z punktów osnowy wysokościowej i rzędnej lokalizacji wierceń. W efekcie otrzymano 8 zgodnych warstw rastrowych z zapisaną informacją o wysokości rzędnej spągu oraz rodzajem wydzielenia litologicznego, powierzchnię głównego poziomu wodonośnego oraz cyfrowy model terenu (ryc. 2).

Opisane doświadczenia, zebrane podczas realizacji zadania, pozwalają jednoznacznie stwierdzić, że budując zintegrowany system informacji o środowisku dla niewielkich jednostek administracji państwowej, jakimi są gminy, należy wykorzystać komercyjną ortofotomapę w skali minimum 1 : 5000 (o rozdzielczości 1×1 m) wraz z numerycznym modelem terenu.

Do wizualizacji powierzchni i warstw tematycznych zostały wykorzystane programy typu *open source* — *GRASS GIS* i *ParaView* (www.paraview.org) oraz komercyjne oprogramowanie *ArcGIS* (www.esri.com) i *GOCAD* (www.gocad.org). Wymienione oprogramowanie umożliwia wizualizację budowy geologicznej poprzez cięcia poziome, pionowe i w dowolnych kierunkach oraz tworzenie map ścięcia o dowolnym interwale, co jednocześnie pozwala na efektywną weryfikację modelu.

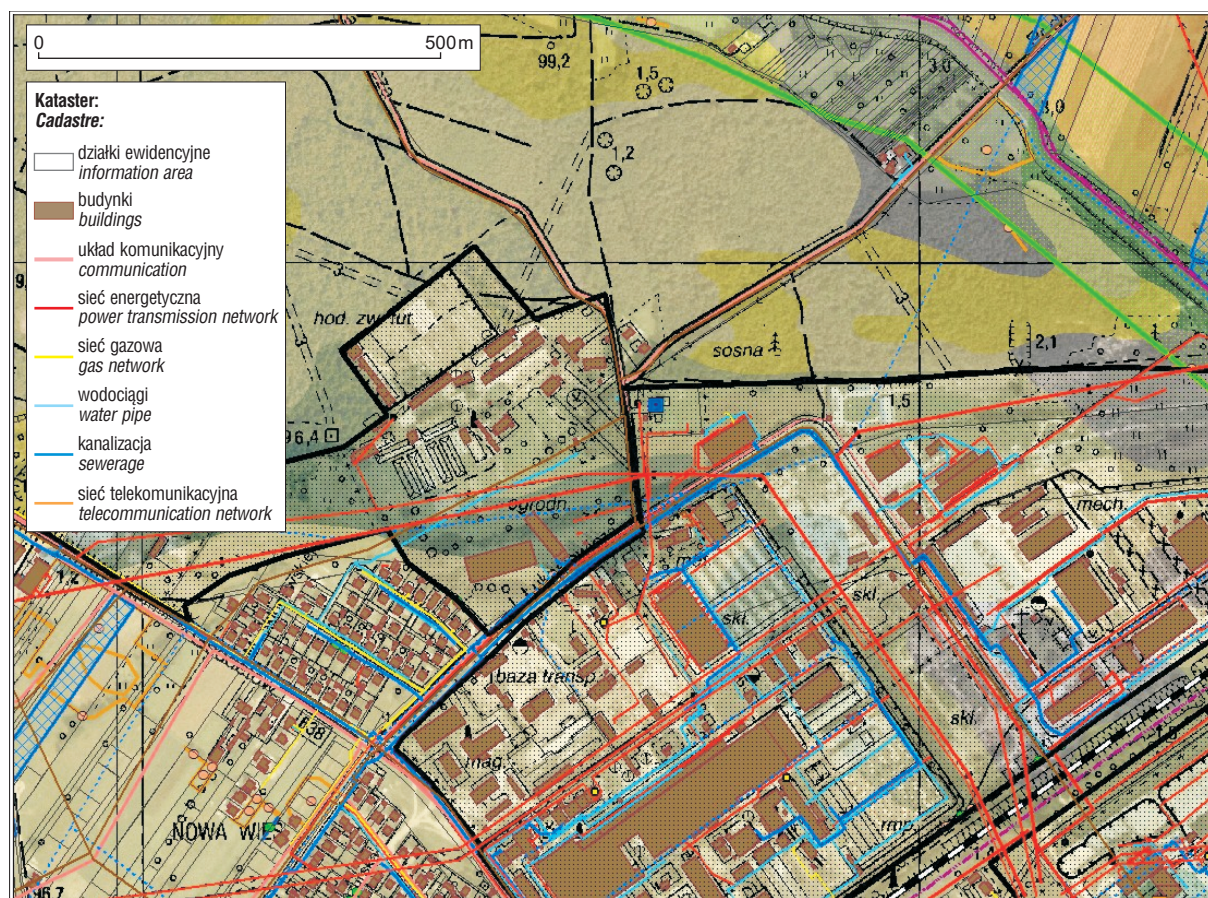
Opracowany cyfrowy model geologiczny będzie można uaktualniać poprzez dopisywanie nowych parametrów geologicznych i surowcowych, w miarę pozyskiwa-

nia kolejnych danych. Pozwoli to uzyskać nowszy, dokładniejszy i zaktualizowany kształt warstw geologicznych oraz potencjalnych złóż surowców.

Zastosowania SIPOŚ

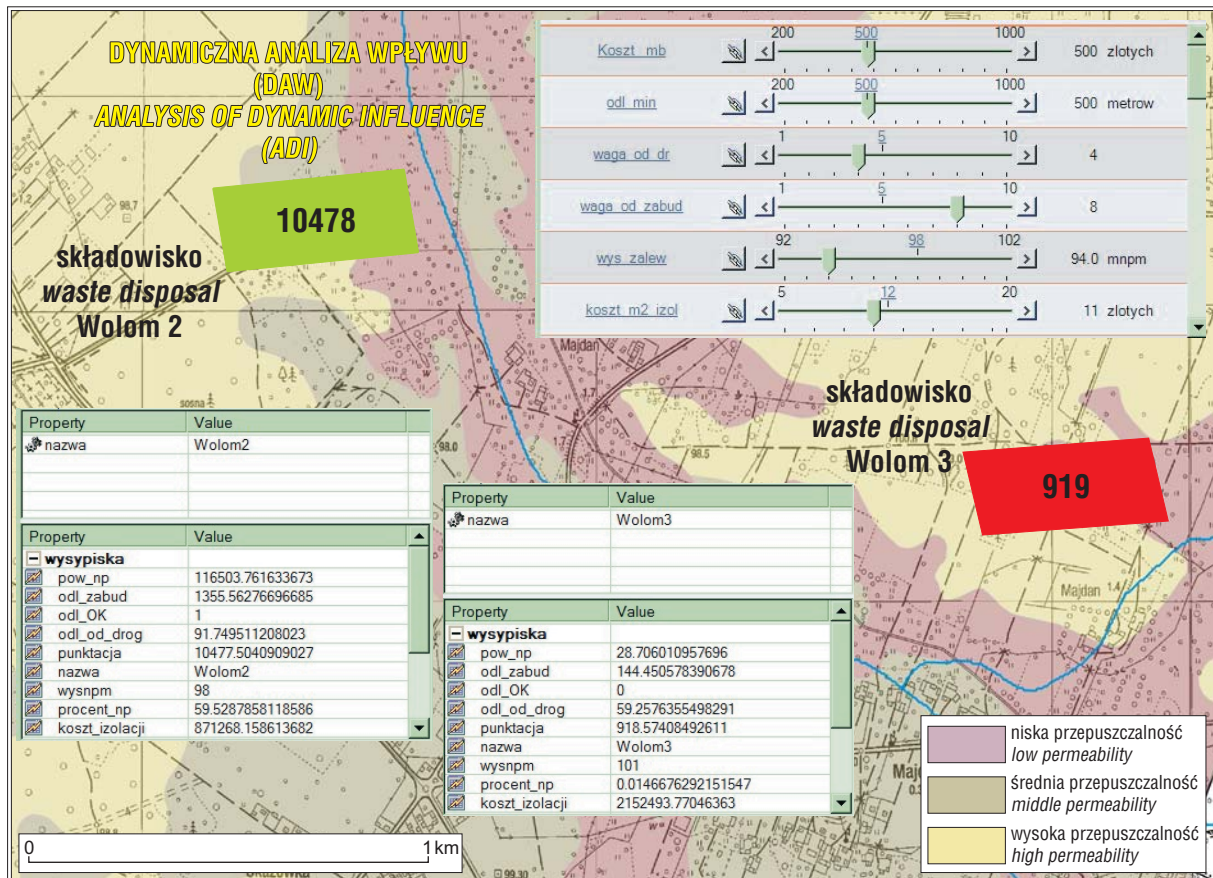
Dynamiczne analizy wpływu (DAW). Wykorzystanie cyfrowego modelu budowy geologicznej jednostki administracyjnej, zawierającego dane o złożach, ułożeniu kolejnych warstw litologicznych i geotechnicznych oraz poziomów wodonośnych, wraz z danymi SIP będzie ułatwiać organom administracyjnym podejmowanie decyzji planistycznych. Aby pokazać sposób, w jaki owe geologiczne uzupełnienia danych SIP mogą mieć rzeczywisty wpływ na decyzyjność i sprawność administracji, autorzy projektu zdecydowali się na wprowadzenie dynamicznych analizy wpływu, wyliczonych i pokazanych dla przykładowych inwestycji za pomocą programu *CommunityViz* (Decewicz, 2006). Za przykład doskonale obrazujący interakcje na styku geologii i planowania wybrano problem lokalizacji składowiska odpadów komunalnych. Pod uwagę zostały wzięte następujące elementy wykorzystane do przeprowadzenia analizy wpływu:

- 1) Dane geologiczne — mapa przepuszczalności gruntów (ryc. 4; ciemne kolory — utwory słabo i średnio przepuszczalne),
- 2) Dane topograficzne — sieć dróg i granice obszarów zabudowanych (ryc. 4);



Ryc. 3. System Informacji Przestrzennej — fragment gminy Wołomin

Fig. 3. Spatial Information System visualization of a part of the Wołomin Commune area



Ryc. 4. Przykład dynamicznych analiz wpływu (DAW), przeprowadzonych dla wybranych inwestycji (tu składowisko odpadów komunalnych) za pomocą programu *CommunityViz*, na tle mapy przepuszczalności gruntów; wariant lokalizacji składowiska Wolom2 uzyskał 10 478 punktów, Wolom3 zaledwie 919

Fig. 4. An example of an analysis of dynamic influence (ADI) shown for hypothetical investment areas, made with the use of *CommunityViz* program and soil permeability map. Location of Wolom2 disposal site got 10 478 points whereas that of Wolom3 disposal site only 919 points

- 3) Dane wskaźnikowe — koszty i parametryzacja trafności podjęcia decyzji (ryc. 4);
- 4) Atrybuty dynamiczne i ich wartości (ryc. 4).

W badanym przypadku prostej analizy wzięto pod uwagę następujące atrybuty dynamiczne charakteryzujące dwa przykładowe warianty lokalizacji składowiska:

- koszt izolacji podłoża dla gruntów przepuszczalnych (*koszt_izolacji*),
- odległość składowiska od dróg (*odl_od_drog*),
- odległość składowiska od obszarów zabudowanych (*odl_zabud*),
- powierzchnia utworów nieprzepuszczalnych pod składowiskiem [m^2], [%] (*pow_np* i *procent_np*),
- punktacja zależna od ważności wybranych atrybutów (*punktacja*).

Wartości wybranych atrybutów zmieniają się dynamicznie wraz ze zmianami założeń (prawy górny róg ryc. 4), które są ustalane dla każdej analizy. Obie wytypowane lokalizacje zostały porównane (ryc. 4); przyjęto następujące założenia: koszt izolacji bentonitowej — 11 zł/ m^2 , odległość minimalna od zabudowy — 500 m, wagi parametru odległości od dróg i zabudowy odpowiednio 4 i 8. Na lokalizację składowiska odpadów wybrano obszar Wolom2 (kolor zielony), który uzyskał 10-krotną przewagę punktową (10 487 do 919). Oczywiście, wszystkie

parametry zmieniają się wraz z minimalnym nawet przesunięciem obiektu myszką przez operatora, co umożliwia w ciągu paru minut przeanalizowanie kilkudziesięciu kombinacji wariantów warunków lokalizacji wybranego elementu przestrzennego. W tym szczególnym przypadku decydujące znaczenie miały parametry geologiczne (59,5% obszaru na gruntach nieprzepuszczalnych — koszt izolacji 871 268 zł; w przypadku Wolom3 — 2 152 493 zł) oraz duża odległość składowiska od zabudowy — 1355 m (w przypadku Wolom3 — 144 m).

Dynamiczne analizy wpływu mogą być dowolnie rozszerzane, modyfikowane, wariantowane i parametryzowane, w zależności od zapotrzebowania użytkownika. W krótkim czasie są także w stanie pokazać płynnie zmieniające się wartości wszystkich parametrów dynamicznych wraz z każdym przesunięciem dowolnego obiektu analizy.

Szacowanie zasobów. Trójwymiarowy model geologiczny jednostki administracyjnej pozwala m.in. na szacowanie zasobów złóż surowców pospolitych w jej obrębie, np. ilitu, piasku i torfu. Dzięki zastosowaniu SIPoŚ można szybko uzyskać informacje na temat parametrów jakościowych, wielkości i zasobów kopaliny, a także oszacować ilość i objętość ewentualnego nadkładu oraz

wpływ niekorzystnych czynników na wydobycie — wysokie zaleganie zwierciadła wody, tereny objęte strefą ochronną itp. Model umożliwia ponadto natychmiastowe uaktualnienie danych w miarę dopływu nowych informacji.

Określenie ewentualnych zagrożeń oddziałujących na środowisko. Zgromadzone podczas budowy systemu SIPOŚ dane pozwolą inwestorom przewidzieć potencjalne zagrożenia środowiskowe na interesujących ich obszarach, a władzom samorządowym poczynić skuteczne kroki, żeby je ograniczyć lub wyeliminować.

Identyfikacja obszarów zagrożonych powodzią i podtopieniami. Za pomocą dostarczonych narzędzi i danych w postaci przestrzennego modelu budowy geologicznej oraz warstw SIP dotyczących hydrografii można określić obszary, na których występuje podwyższone ryzyko podtopień podczas wysokich stanów wód. Prognozowanie tych zjawisk umożliwi samorządom wcześniejszą reakcję i przeciwdziałanie zagrożeniu oraz właściwe planowanie przyszłych inwestycji.

Określenie obszarów zagrożonych występowaniem potencjalnych osuwisk. Na podstawie numerycznego modelu terenu, trójwymiarowego modelu budowy geologicznej oraz warstwy SIP (m.in. zwierciadła wód podziemnych i wód powierzchniowych), a także zasobów zgromadzonych w rejestrze osuwisk (Systemie Osłony Przeciwoświadczeniowej SOPO, <http://geoportal.pgi.gov.pl>) możliwe będzie wskazanie osuwisk zagrażających obiektom budowlanym i wymagających podjęcia prac interwencyjnych oraz wyznaczenie obszarów predysponowanych do rozwoju ruchów masowych, które nie powinny być terenami inwestycji budowlanych. Informacje o potencjalnych osuwiskach mogą być wykorzystane przez terenowe organa planowania przestrzennego, biura projektowe, przedsiębiorstwa budowlane itp.

Wnioski

Zgromadzenie informacji geologicznych i planistycznych w SIPOŚ umożliwia:

- ❑ jednoczesny ogląd wszystkich dostępnych danych przestrzennych, co znacznie ułatwia poprawną interpretację tych danych,
- ❑ niemal natychmiastowe uaktualnianie dokumentacji w momencie dopływu nowych informacji,
- ❑ wyjątkowe usprawnienie obliczeń z użyciem tych danych,
- ❑ przeprowadzanie obliczeń wielowariantowych z płynną zmianą wybranych parametrów, na skalę niedostępną w dotychczas stosowanych opracowaniach analogowych i cyfrowych, a zatem skuteczniejszą optymalizację kosztów (również środowiskowych),
- ❑ szybkie przeprowadzanie obliczeń i analiz danych przestrzennych i map tematycznych, m.in. za pomocą kalkulatora map.

Prezentowany SIPOŚ powstał w oprogramowaniu *open source*. Daje to duże możliwości wyboru zarówno dowolnej platformy systemowej (*MS Windows, Linux, Mac OS*), jak i samego oprogramowania zarządzającego aplikacją, w zależności od preferencji gminy. Autorzy proponują pakiet narzędzi *QGis*, który pozwala na dość proste zarządzanie, edycję i eksport (*.shp, *.asci, *.dxf, *.gtiff *.vrmf itp.) warstw danych przestrzennych, oraz oprogramowanie specjalistyczne *CommunityViz*.

Zastosowanie SIPOŚ oszczędza zatem ogromną ilość czasu, wysiłku i pieniędzy, pozwala też lepiej dysponować zasobami i skuteczniej przeciwdziałać skutkom zagrożeń oddziałujących na środowisko. Jednocześnie władzom samorządowym zostanie dostarczony pakiet danych, który dzięki specjalistycznym narzędziom informatycznym pozwoli pokazać wzajemne oddziaływanie danych geologicznych, środowiskowych i planistycznych w aspekcie planowania i podejmowania decyzji.

W niniejszej publikacji wykorzystano rezultaty prac wykonywanych w ramach realizacji tematu *Gminny System Informacji Przestrzennej o Środowisku (SIPOŚ)*, finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na działalność statutową PIG (temat nr 62.9313.0701.00.0).

Literatura

- BRUJ M. 2003 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Ark. Radzymin (488) wraz z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- CYGAŃSKI K. & WOŹNIAK E. 1997 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Ark. Warszawa Wschód (524) wraz z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- DECEWICZ P. 2006 — CommunityViz — narzędzie wspierające planowanie rozwoju miasta i gminy. Zeszyt Zachodniej Okręgowej Izby Urbanistów, 1: 107–111.
- NETELER M. & MITASOVA H. 2007 — Open Source GIS: A GRASS GIS Approach. 3rd ed. Springer, New York
- NITA J., PERSKI Z. & CHYBIORZ R. 2004 — Wstępne założenia metodyczne mapy geosynoptycznej dla potrzeb systemu informacji przestrzennej na poziomie gminy. *Prz. Geol.*, 52, 7: 569–573.
- NOWAK J. 1978 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Ark. Okuniew (525) wraz z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- NOWAK J. 1983 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Ark. Tuszcz (489) wraz z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- PEREK M. 1997 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Ark. Okuniew (525) wraz z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- SARNACKA Z. 1979 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Ark. Warszawa Wschód (524) wraz z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- SHERMAN G. 2007 — Shuffling Quantum GIS into the Open Source GIS Stack. [In:] Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G) Conference. 24.09.2007, Victoria, BC. [dostęp: 4.02.2009] <http://www.foss4g2007.org/workshops/W-02/>
- WERNER P. 1992 — Wprowadzenie do geograficznych systemów informacyjnych. Wyd. WGiSR Uniw. Warszawskiego, Warszawa.
- WŁOSTOWSKI J. 1998 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Ark. Tuszcz (489) wraz z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- WŁOSTOWSKI J. & BORKOWSKI P. 2000 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000. Ark. Radzymin (488) wraz z objaśnieniami. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

Praca wpłynęła do redakcji 13.11.2008 r.

Po recenzji akceptowano do druku 16.01.2009 r.