

ROLA SYSTEMÓW INFORMACJI GEOGRAFICZNEJ (GIS) W OPRACOWANIU SCENARIUSZY ZAGOSPODAROWANIA ZŁÓŻ SUROWCÓW SKALNYCH

THE ROLE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) IN BUILDING SCENARIOS OF ROCK MINERAL DEPOSITS DEVELOPMENT

Anna Nowacka – Poltegor Instytut IGO, Wrocław

W ramach projektu Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych realizowanego przez konsorcjum składającego się z sześciu jednostek naukowych i badawczych, opracowywane są scenariusze zagospodarowania surowców skalnych w głównych regionach Polski w nawiązaniu do występującego na nie zapotrzebowania. Podstawowym celem jest wskazanie możliwości pokrycia zapotrzebowania bieżących i przyszłych potrzeb drogownictwa, budownictwa oraz innego przemysłu z krajowych źródeł surowców skalnych z zastosowaniem innowacyjnych technologii i z poszanowaniem zasady zrównoważonego rozwoju. Efektem końcowym mają być wielowariantowe scenariusze zagospodarowania surowców skalnych zmierzające do zrównoważonego rozwoju ich wydobywania uwzględniając przy tym dbałość o środowisko i możliwości transportu. Niniejszy artykuł ma na celu wyjaśnienie procesu budowy scenariusza zagospodarowania złóż surowców skalnych w rejonach wydobywania poprzez zastosowanie narzędzi GIS. Systemy informacji geograficznej odgrywają kluczową rolę w monitorowaniu i zarządzaniu zasobami naturalnymi w kraju jak i na świecie.

Within the frames of the Strategies and technological scenarios of rock mineral deposits development and use project realized by the consortium consisting of six research and development institutions, scenarios of rock mineral deposits development and use in major Polish regions in relations to demand are being developed. The main goal is to indicate the possibility of covering the demand of current and future needs of the road, construction and other industries from national sources of rock materials using innovative technologies and with respect of sustainable development. The final result are to be multi variant scenarios of rock materials development leading to sustainable development of mining and taking into account the care for the environment and means of transportation. The aim of this article is to explain scenario planning process of rock minerals deposits development in mining areas using GIS tools. Geographical information systems play a key role in aiding monitoring and managing natural resources in the country and in the world.

Wprowadzenie

Rozwój społeczno-gospodarczy w kraju i jego potencjalny wpływ na sektor surowców skalnych jest trudny do przewidzenia, dlatego w ramach projektu realizowanego przez kierownictwo konsorcjum naukowego w Poltegor-Instytut opracowywane są *Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych*.

Strategia jest jednym z podstawowych dokumentów zarządzania w wybranym obszarze i budowana jest na podstawie wielowariantowych scenariuszy, ponieważ zawsze należy rozpatrywać ją w dwóch przedziałach: krótkookresowego i długookresowego planowania. Brak krajowej oraz regionalnej strategii wraz z kierunkami racjonalnej gospodarki zagospodarowania złóż surowców skalnych, może prowadzić do nieodwracalnej utraty cennych kopalin istotnych dla gospodarki krajowej a w konsekwencji do ich deficytu.

W Polsce dokumenty określające podstawowe uwarunkowania, cele i kierunki rozwoju odnoszące się do rozwoju poszczególnych regionów lub dziedzin w tym rozwoju przestrzennego opracowywane są i uchwalane na szczeblach krajowym i wojewódzkich. Są to m.in.: Projekt Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030, Strategia Rozwoju Kraju 2007-2015, Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego 2010-2020 czy Strategia rozwoju transportu, które nie odnoszą się w kompleksowy sposób do polityki racjonalnego

wykorzystania i zagospodarowania złóż surowców skalnych. Wśród wymienionych dokumentów jedynie dla KPZK przygotowano ekspertyzę dot. kierunków polityki przestrzennej w zakresie wykorzystania złóż wraz z problemami ich ochrony [1]. Dokument ten przewiduje ochronę złóż strategicznych i ich racjonalne wykorzystanie.

Na szczeblu wojewódzkim analizy wykorzystania i zagospodarowania złóż surowców skalnych są opracowywane m.in. w województwie dolnośląskim. Są to: Analizy wykorzystania naturalnych bogactw regionu wykonane przez dwa zespoły [2], zrealizowane w ramach projektu „Analizy, badania i prognozy na rzecz Strategii Rozwoju Województwa Dolnośląskiego” oraz „Studium wydobywania i transportu surowców skalnych na Dolnym Śląsku. Stan i perspektywy” wykonane w Urzędzie Marszałkowskim Województwa Dolnośląskiego [3].

Niniejszy artykuł poświęcony jest omówieniu metodyki budowy scenariuszy zagospodarowania złóż surowców skalnych z wykorzystaniem danych przestrzennych i narzędzi GIS w ramach projektu. Opisano przykład gromadzenia i standaryzowania informacji przestrzennych w wyniku prac realizowanych w innych zadaniach projektu w celu określenia istniejącego i przewidywanego zapotrzebowania na surowce skalne (kruszywa naturalne) w wybranym obszarze w świetle planowanych inwestycji drogowych i budowlanych. Scenariusz taki może stanowić podstawę do rozwoju lokalnych i

regionalnych strategii zagospodarowania, zrównoważonego rozwoju wydobywania oraz ekonomicznego wykorzystania bazy surowcowej w regionach [4].

Założenia budowy scenariuszy zagospodarowania surowców skalnych

Głównym celem budowanych scenariuszy jest zapewnienie dostępności do złóż strategicznych oraz niezagospodarowanych poprzez ich ochronę, określenie potencjału wydobywczego w regionach, wypełnienie zapotrzebowania na rynku surowców skalnych i dobór optymalnych dróg dostaw dla odbiorców. W celu ich opracowania konieczne jest zebranie i zestawienie informacji pozwalających na identyfikację i ocenę:

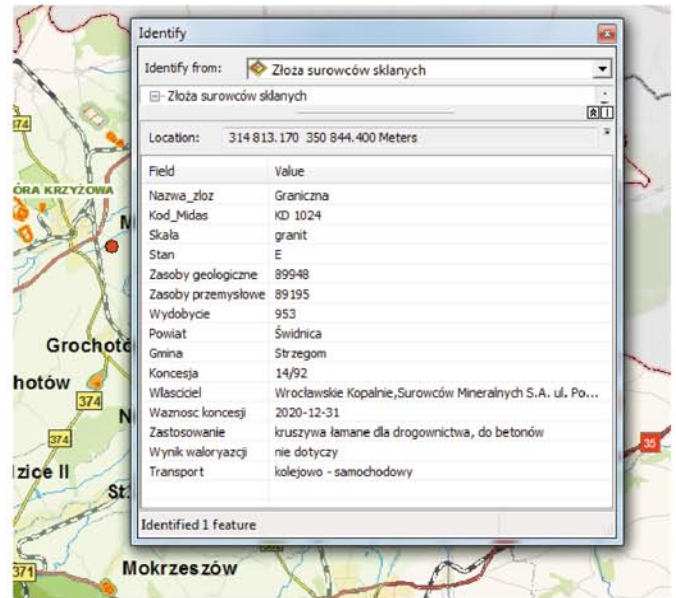
- stanu zagospodarowania, zasobów udokumentowanych i oraz obszarów perspektywicznych surowców skalnych,
- uwarunkowań przyrodniczych lokalizacji złóż surowców skalnych,
- uwarunkowań krajobrazowo – kulturowych lokalizacji złóż surowców skalnych, z uwzględnieniem ograniczeń sozologicznych lokalizacji złóż,
- uwarunkowań ekonomiczno – prawnych podjęcia eksploatacji, w tym uwarunkowań wynikających z lokalnych opracowań planistycznych,
- dostępności komunikacyjnej obszarów przeznaczonych pod eksploatację,
- obszarów uznanych za wykluczone bądź, na których niewskazane jest podjęcie eksploatacji,
- obszarów predysponowanych do rozpoczęcia eksploatacji, np. ze względu na popyt,
- funkcji regionu w pokryciu popytu na kruszywa w chwili obecnej oraz w przyszłości w świetle realizowanych i planowanych inwestycji budowlanych i drogowych,
- roli kopalń regionu w pokryciu popytu lokalnego i krajowego.

Z analizy przepływu informacji w projekcie wynika, że budowane scenariusze mają także stanowić platformę integrującą dane będące wynikiem prac w innych zadaniach badawczych. Wiąże się to z przyjęciem *określonych standardów przygotowania danych przez pozostałe zespoły badawcze realizujące poszczególne zadania projektu* [5].

Metodyka budowy scenariusza w środowisku GIS

Artykuł jest krokiem w kierunku opracowania wielowariantowych scenariuszy zagospodarowania złóż surowców skalnych opartych na racjonalnym i efektywnym gospodarowaniu ich zasobami przy zastosowaniu systemów informacji geograficznej (GIS). Podstawą systemu jest baza danych obejmująca dane dotyczące udokumentowanych i perspektywicznych zasobów surowców skalnych oraz wyników badań i analiz będących rezultatami prac innych zadań projektu. Baza danych dotyczyć będzie obszaru całego kraju.

Wszystkie podstawowe informacje dotyczące złóż i zasobów kopalni będą dostępne w środowisku GIS poprzez kliknięcie przez potencjalnego użytkownika na warstwę tematyczną (rys. 1). Za pomocą wbudowanych i opracowanych narzędzi GIS, będzie istniała możliwość korelacji przestrzennych pomiędzy złożami surowców skalnych a pozostałymi danymi tematycznymi, stanowiącymi ww. rezultaty prac innych zadań. Przykładowe wyniki prac w pozostałych zadaniach obejmu-



Rys. 1. Podstawowe informacje dotyczące złóż kopalni
Fig. 1. Basic information concerning mineral deposits

ją m.in. waloryzacje geologiczno-górnictwa, środowiskową i planistyczną niezagospodarowanych złóż surowców skalnych [6], lokalizacje głównych odbiorców, planowanych inwestycji budowlanych i drogowych oraz dostępność komunikacyjną złoża.

W celu zaprezentowania możliwości wspomaganie budowy scenariusza z użyciem GIS opracowano uproszczony model przetwarzania danych przestrzennych (geoprzetwarzania) dla powiatu świdnickiego. Zaproponowany model wyszukiwać będzie ze złóż zagospodarowanych i niezagospodarowanych, te które będą spełniały określone kryteria, nie tylko jakościowe ale i pod względem ich konfliktowości oraz możliwości transportu, czyli ich dostępności do danej inwestycji, przy uwzględnieniu ograniczeń środowiskowych i planistycznych. Zaproponowany model przetwarzania danych przestrzennych jest modelem skalowalnym, tzn., że będzie mógł być stosowany do każdej nowo powstającej inwestycji drogowej czy budowlanej.

Na koniec, możliwe będzie uzyskanie raportu zawierającego szczegółowe dane dotyczące wyselekcjonowanych złóż pod daną inwestycję. Informacje zawarte w raporcie dotyczyć będą m.in.: stanu zagospodarowania złoża, odległościach od złoża do głównych dróg dojazdowych, rodzaju eksploatowanej skały oraz dodatkowo dla złóż niezagospodarowanych informacje o procentowym udziale powierzchni złoża znajdującego się na terenach zurbanizowanych i formach ochrony przyrody.

Oprogramowanie i dane źródłowe

Do budowy scenariusza zagospodarowania złóż surowców skalnych wykorzystano oprogramowanie ArcGIS Desktop w wersji ArcView 10 firmy ESRI. Program ArcGIS Desktop obejmuje zestaw aplikacji do tworzenia i edycji danych, tworzenia map, budowy modeli przetwarzania danych i wykonywania analiz przestrzennych (ESRI, 2008). Do opracowania graficznej i opisowej bazy danych złóż surowców skalnych zagospodarowanych i niezagospodarowanych Dolnego Śląska wykorzystano dane udostępnione przez Państwowy Instytut Geologiczny (dane z baz danych MIDAS i Infogeoskarp) [7], zawierające informacje o stanie zagospodarowania złoża, zasobach geologicznych

Tab. 1. Charakterystyka bazy surowców skalnych powiatu świdnickiego
 Tab. 1. Characteristics of rock materials base of swidnicki poviat

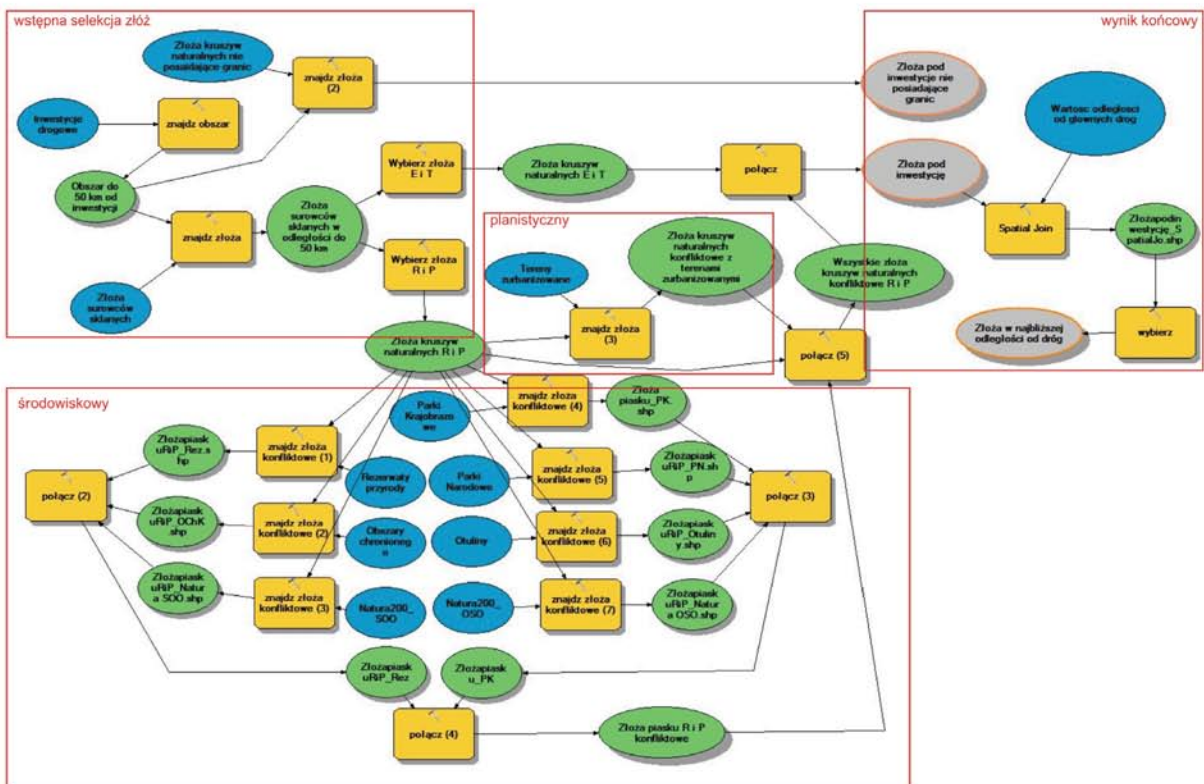
Surowce skalne	Ilość złóż	Surowce skalne	Ilość złóż
kamienie łamane i bloczne	50	gliny ogniotrwale	1
kruszywa naturalne	31	magnezyty	2
surowce kaolinowe	8	piaski podszadzkowe	1
		wapienie i margle	1

i przemysłowych, wydobywaniu, konfliktowości, zastosowaniu kopaliny oraz kategorii rozpoznania złoża, obszary oraz tereny górnicze. Z uzyskanych danych stworzona została baza danych GIS, dla powiatu świdnickiego. Zawiera ona (bez złóż, których wydobywanie zostało zaniechane i skreślonych z bilansu) 94 złoża surowców skalnych, w tym 50 złóż kamieni łamanych i blocznych, 31 złóż kruszyw naturalnych oraz 13 złóż pozostałych surowców skalnych (tab.1) Jako warstwy referencyjne, posłużyły dane obejmujące granice administracyjne, infrastrukturę drogową i kolejową, obszary chronione, wody powierzchniowe oraz użytkowanie terenu. Wszystkie wymienione dane przechowywane są w formacie ESRI shapefile, są one danymi podstawowymi, niezbędnymi do przeprowadzenia wyżej wymienionych założeń budowy scenariusza w środowisku GIS.

Budowa modelu

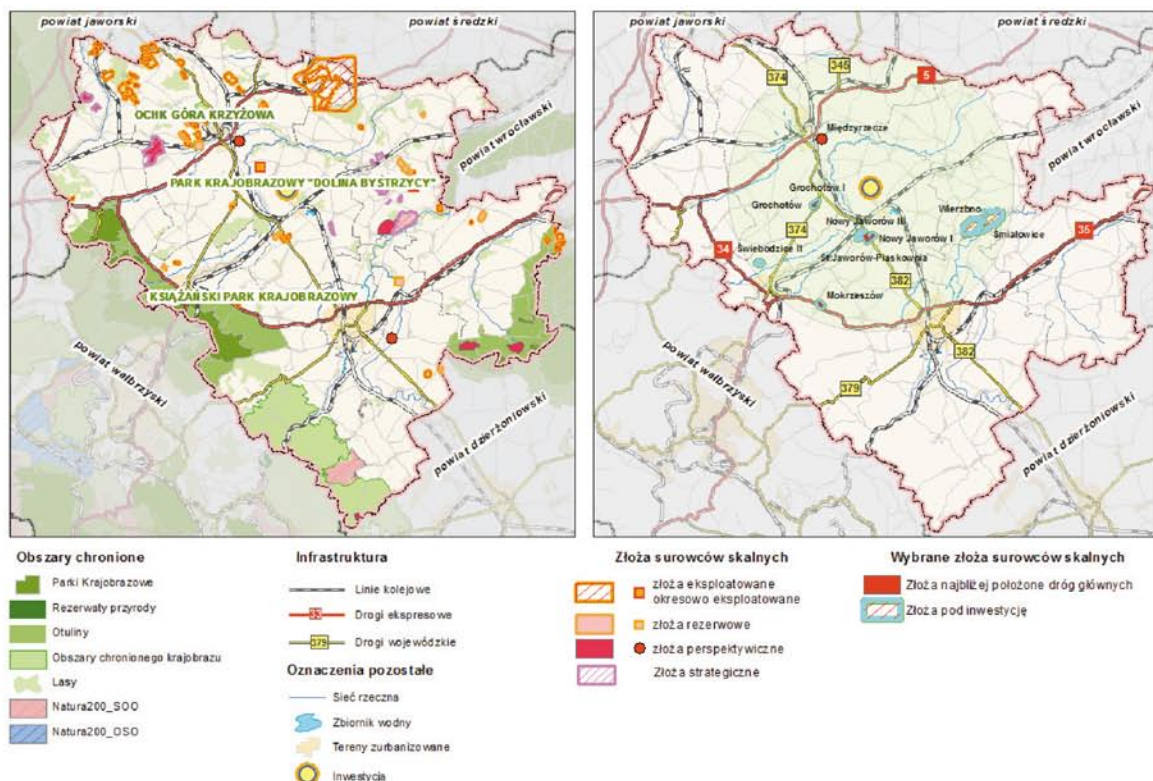
Głównym punktem odniesienia do utworzenia modelu geoprzetwarzania było zlokalizowanie potencjalnych inwestycji drogowych czy budowlanych. W tym celu wykorzy-

stano warstwę OGC WMS (*Open Geospatial Consortium Web Map Service*) Narodowego Programu Przebudowy Dróg Lokalnych na lata 2008-2011, udostępnianą przez Geoport (geoportal.gov.pl). Proces budowy modelu podzielono na cztery etapy: wstępną selekcję złóż zagospodarowanych i niezagospodarowanych, korelacje złóż niezagospodarowanych z formami ochrony przyrody (geośrodowiskowy) oraz z terenami zurbanizowanymi (planistyczny) i końcowy wynik analiz prezentujący złoża spełniające określone kryteria. W pierwszym etapie, wstępne wyszukiwanie złóż, model miał na celu wyszukać złoża kruszyw naturalnych w odległości do 10 km od zlokalizowanej inwestycji. Następnie wyselekcjonował dwie warstwy, odpowiednio zawierające złoża zagospodarowane (eksploatowane i okresowo eksploatowane) oraz niezagospodarowane (rezerwowe i perspektywiczne). Następnie przystąpiono do etapu drugiego. Dla warstwy zawierającej złoża niezagospodarowane (warstwa: „złoża R i P”) przeprowadzono analizy, mające na celu sprawdzenie dostępności złoża, jego konfliktowości z terenami zurbanizowanymi oraz środowiskowymi. Przeprowadzanie analiz było możliwe po wcześniejszym zdefiniowaniu danych wejściowych, dzięki którym przeprowadzenie korelacji przestrzennych dla warstwy złóż niezagospodarowanych było możliwe. Jako dane wejściowe do tego etapu wykorzystano: Parki Krajobrazowe, Parki Narodowe, Otuliny, Rezerwaty przyrody, Obszary Chronionego Krajobrazu, Natura 2000 oraz zbiorniki wód podziemnych, jako element danych geośrodowiskowych oraz tereny zurbanizowane - element planistyczny. Każdy etap analizy był zapisywany jako osobny plik w formacie ESRI shapefile. Dzięki temu możliwe jest dodawanie i prezentowanie poszczególnych etapów modelu w projekcji mapy.



Rys. 2. Schemat modelu geoprzetwarzania wraz z zaznaczonymi poszczególnymi etapami: wstępnej selekcji złóż, środowiskowymi, planistycznymi oraz wynikiem końcowym

Fig. 2. Diagram of geoprocessing model with individual stages marked: initial selection deposits, environmental, planning and the final result



Rys. 3. Baza zasobowa surowców skalnych powiatu świdnickiego a) stan obecny b) prezentacja wyselekcjonowanych złóż
 Fig. 3. Resource base of rock materials of świdnicki powiat a) present status b) presentation of selected deposits

Wyniki analiz

W wyniku przeprowadzenia szeregu analiz uzyskano informacje o złożach w bliskim położeniu od inwestycji, w postaci widocznych dwóch warstw tematycznych na mapie. Na rysunku 3a) zaprezentowany jest stan obecny natomiast na rysunku 3b) zostały przedstawione wyselekcjonowane złoża, spełniające zadane kryteria. Prezentowany wynik analiz będzie mógł być wdrukowany w formie mapy bądź raportu.

Prezentowany model stanowi przykład uproszczonych waloryzacji środowiskowej i planistycznej, która może być zautomatyzowana dzięki zastosowaniu funkcjonalności GIS [8].

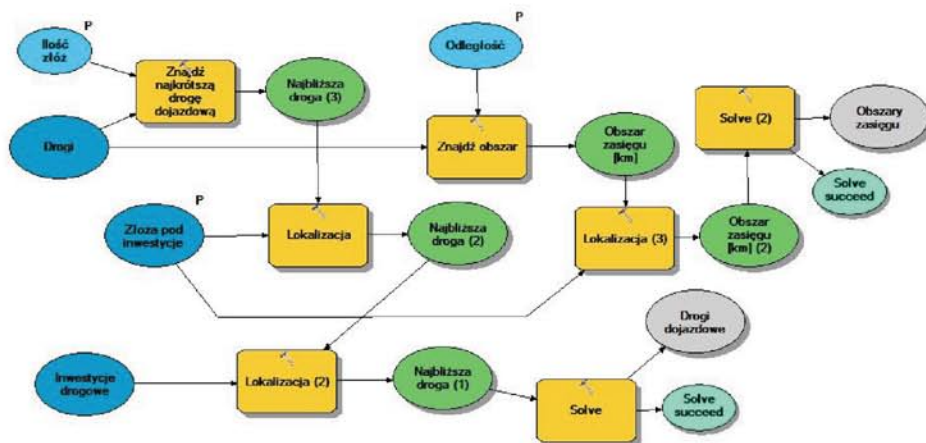
Aby w pełni zobrazować możliwości zagospodarowania złóż rezerwowych i perspektywicznych np. pod inwestycje drogowe czy budowlane, niezbędne jest uwzględnienie w modelu analizy stanu infrastruktury drogowej i kolejowej w celu oceny ścieżek transportowych pozwalających na optymalizację czasu, kosztów i konfliktowości dostarczenia surowców do potencjalnych

odbiorców. Na rysunku 4 zaprezentowano model geoprzetwarzania prezentujący możliwości dojazdu najkrótszymi trasami od złoża do inwestycji przy użyciu transportu kołowego wraz z określaniem granic „obszarów obsługiwanych” (service area). Wynik analizy zaprezentowano na rysunku 5.

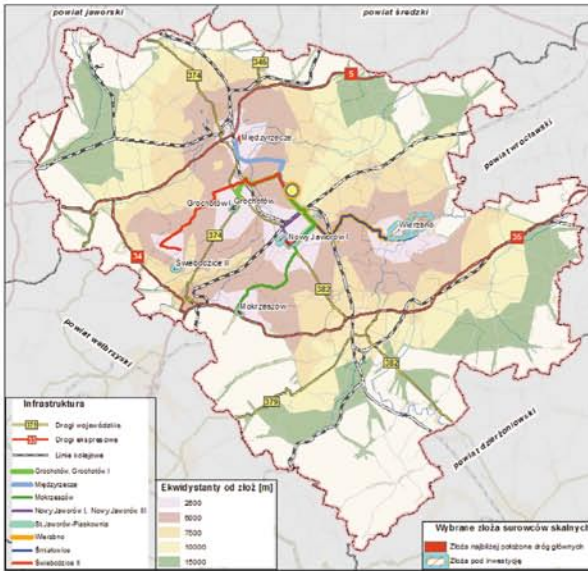
W późniejszych analizach dodatkowo należałoby uwzględnić bariery wynikające z nośności dróg i ich przepustowości, rodzaju skrzyżowań (jedno - dwupoziomowe), kierunku jazdy, dopuszczalnej prędkości czy ograniczenia długości i wysokości pojazdów.

Podsumowanie

1. Opracowywane scenariusze rozwoju branży wydobywczej surowców skalnych stanowiąc będą zbiór narzędzi i danych określających możliwości optymalnego zagospodarowania kopalin w poszczególnych regionach, jak również w skali



Rys. 4. Schemat modelu geoprzetwarzania transportu surowców skalnych
 Fig. 4. Diagram of geoprocessing model of rock materials transportation



Rys. 5. Najkrótsze drogi dojazdowe od złóż do inwestycji wraz z ekwiwitantami
Fig. 5. The shortest routes from deposits to investment with proximity buffers

kraju, z poszanowaniem zasady zrównoważonego rozwoju. Szczególny nacisk położony zostanie w kierunku obecnego i perspektywicznego zapotrzebowania na surowce skalne. Zagospodarowanie złóż perspektywicznych i rezerwowych rozpatrzone zostanie pod względem możliwości i uwarunkowań środowiskowych, infrastrukturalnych i technologicznych.

- Ze względu na charakter rozpatrywanych informacji, istnieje konieczność wspomaganie budowy scenariuszy narzędziami informatycznymi, a ponieważ dane mają odniesienie przestrzenne, niezbędne są narzędzia geoinformacyjne.

- Prezentowany model geoprzetwarzania danych złóż surowców skalnych, stanowi podstawę do dalszych prac nad scenariuszami w większej skali. Istnieje bowiem możliwość rozbudowywania, modyfikowania i łączenia go z innymi, bardziej zaawansowanymi modelami.
- Niezbędne jest uwzględnienie w budowanych modelach elementu analizy stanu infrastruktury drogowej i kolejowej w celu oceny ścieżek transportowych pozwalających na optymalizację czasu, kosztów i konfliktowości dostarczenia surowców do potencjalnych odbiorców.
- Elementy systemu geoinformacyjnego opracowywane w projekcie i testowane na wybranych obszarach eksploatacji (powiaty kłodzki, świdnicki, wrocławski) [5] po uwzględnieniu narzędzi budowanych i danych gromadzonych w opracowywanych scenariuszach stanowiąc będą podstawę do budowy zintegrowanego systemu zrównoważonego zagospodarowania surowcowej bazy zasobowej kraju.
- Zaprezentowane w artykule wyniki analiz przestrzennych i wygenerowanych konkretnych informacji poprzez ich użycie, potwierdzają konieczność użycia narzędzi geoinformacyjnych przy budowaniu scenariuszy zagospodarowania złóż surowców skalnych. Dzięki temu ułatwi to rozwiązywanie problemów środowiskowych, planistycznych czy logistycznych organom administracji publicznej.

Praca finansowana w ramach projektu pt. "Strategie i Scenariusze Technologiczne Zagospodarowania i Wykorzystania Złóż Surowców Skalnych" współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka

Literatura

- Gałos K., Ney R., 2008, Bilans polskich surowców mineralnych (energetycznych, metalicznych, chemicznych i skalnych). Kierunki polityki przestrzennej w zakresie wykorzystania złóż. Problemy ochrony złóż i terenów eksploatacyjnych. Rekomendacje dla KPZK
- Chudy K., Worsa-Kozak M., Grafender A., 2010: Analiza wykorzystania naturalnych bogactw regionu. Analizy, badania i prognozy na rzecz Strategii Rozwoju Województwa Dolnośląskiego, Sfera przestrzenna, Tom II. Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego, s. 1-144
- Adamczuk K., Blachowski J., Kaźmierczak W., Koperdowski J., Lubieniecki W., Maciejewski T., Nakonieczna I., Owsianik K., Zakęs A., Zathay M., Zdanowski W., 2009: Studium wydobywania i transportu surowców skalnych na Dolnym Śląsku. Stan i perspektywy, Studia nad rozwojem Dolnego Śląska
- Nowak A., Resak M., Rogosz B., Tomaszewska H.; 2010: Analiza struktury zasobów infrastruktury w otoczeniu złóż oraz wielkości wydobywania w regionie dolnośląskim i lubuskim i katalog miejsc występowania odkrywek. Raport IGO Poltegor – Instytut nr 6064/IGO, Wrocław 2010
- Blachowski J., Górniak-Zimroz J., Jurdziak L., Kawalec W., Pactwa K., 2010b, Pilotowy system geoinformacji dla wybranych rejonów eksploatacji surowców skalnych w województwie dolnośląskim, etap 5.2.5 Opracowanie metody budowy systemu geoinformacyjnego, Raport Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, I11/2010/S-044
- Nieć M., 2011, Dokumentacja waloryzacji złoża (obszaru złożowego), zasady waloryzacji niezagospodarowanych złóż surowców skalnych opracowane przez pracowników Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie w ramach zadania 7 Ochrona złóż surowców skalnych – kryteria racjonalnego ich zagospodarowania, zasady i możliwości realizacji realizowanego w projekcie Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych
- Państwowy Instytut Geologiczny, 2010: Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce wg. stanu na 31.12.2009, Praca zbiorowa, PIG-PIB, Warszawa
- Blachowski J., Górniak-Zimroz J., Pactwa K., Jurdziak L., Kawalec W., 2011b, System geoinformacyjny złóż surowców skalnych dla zarządzania zrównoważonym wykorzystaniem regionalnej bazy surowcowej, Przegląd Górnictwa, 10/2011

Artykuł recenzował dr inż. Andrzej Pomorski

Rękopis otrzymano 07.10.2011 r. *2232