

Łatuszyńska M., Strulak-Wójcikiewicz R. (2013), *Aspekty prawne i metodologiczne oceny oddziaływania na środowisko inwestycji w infrastrukturę transportu*, „Oeconomia Copernicana”, nr 3, ss. 103-120, DOI: <http://dx.doi.org/10.12775/OeC.2013.025>

*Małgorzata Łatuszyńska\**

*Uniwersytet Szczeciński*

*Roma Strulak-Wójcikiewicz\**

*Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

## **Aspekty prawne i metodologiczne oceny oddziaływania na środowisko inwestycji w infrastrukturę transportu**

**Klasyfikacja JEL:** *R4, Q5, K32*

**Słowa kluczowe:** *transport, ocena oddziaływania na środowisko, uregulowania prawne*

**Abstrakt:** *Modernizacja oraz budowa nowych obiektów infrastruktury transportowej jest kluczowym elementem rozwoju społeczno-gospodarczego, od którego zależy trwałość wzrostu ekonomicznego w skali regionalnej i lokalnej. Inwestycje*

---

© Copyright Instytut Badań Gospodarczych & Polskie Towarzystwo Ekonomiczne Oddział w Toruniu

Tekst wpłynął 7 stycznia 2013 r., został zaakceptowany do publikacji 16 lipca 2013 r.

\* Dane kontaktowe autorek: [m-lat@wneiz.pl](mailto:m-lat@wneiz.pl), Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, Uniwersytet Szczeciński, ul. Mickiewicza 64, 71-101 Szczecin; [roma@zut.edu.pl](mailto:roma@zut.edu.pl), Wydział Techniki Morskiej i Transportu, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Al. Piastów 41, 71-065 Szczecin

w infrastrukturę transportu powodują jednak także negatywne skutki. Ciągły wzrost wolumenu usług transportowych i wzrastające natężenie ruchu prowadzą do poważnego zagrożenia środowiska naturalnego. Narzędziem, które umożliwia w miarę pełną i obiektywną identyfikację możliwych zagrożeń po to, aby zapobiec degradacji środowiska i chronić zdrowie ludzi, a przez to zapewniać, że wzrost społeczno-ekonomiczny będzie przebiegał w zgodzie z zasadą trwałego i zrównoważonego rozwoju, jest ocena oddziaływania na środowisko (OOŚ). Artykuł przybliża problematykę OOŚ w kontekście uwarunkowań prawnych oraz metodologicznych. Głównym jego celem jest wykazanie, że zastosowanie symulacji komputerowej do generowania informacji na potrzeby OOŚ może znacznie ułatwić i wzbogacić dotychczasową jej metodologię.

## Legal and Methodological Aspects of Environmental Impact Assessment of Investments in Transport Infrastructure

**JEL Classification:** R4, Q5, K32

**Keywords:** transport, environmental impact assessment, legal regulations

**Abstract:** Modernization and construction of new transport infrastructure is a key element of economic and social development, on which depends the sustainability of economic growth in the regional and local scale. The development of transport infrastructure, however, has the negative effects. The continuous increase in the volume of transport services and the increasing volume of traffic leads to more and more serious environmental threats. A tool that allows for rather complete and objective identification of possible risks is the environmental impact assessment (EIA). Article closes the issue of the EIA procedure in the context of legal and methodological considerations. Its main aim is to prove, that the use of computer simulation to generate information for the EIA can greatly facilitate and enrich the existing methodology.

### Wprowadzenie

W literaturze przedmiotu podkreśla się ścisły związek systemu transportowego z systemami ekonomicznym, społecznym i ekologicznym danego obszaru (por. Hofman 1968, s. 7; Wierzbicki 1975, s. 23; Madeyski i in. 1978, s. 115). Współzależności między infrastrukturą transportu, która jest ważnym elementem systemu transportowego, a jej otoczeniem, czyli wy-

mienionymi wyżej systemami, mają różnorodny charakter, zakres i siłę oddziaływania. Ponadto, są przyczyną powstawania wielu bezpośrednich i pośrednich efektów (Wojewódzka-Król 2002, s. 29; Łatuszyńska 2004, s. 26), które można podzielić na: ekonomiczne, społeczne i efekty w zakresie środowiska naturalnego i bezpieczeństwa (por. Kamińska 1999, s. 123-124; Kamińska, Rusak 2000, s. 16).

Z punktu widzenia efektów ekonomicznych i społecznych infrastruktury transportu przypisuje się rolę jednego z najistotniejszych czynników warunkujących rozwój społeczno-gospodarczy<sup>49</sup>. Inwestycje w infrastrukturę transportu wpływają na poprawę dostępności regionów i rynków pracy, zmniejszenie uciążliwości zjawiska kongestii, obniżenie kosztów eksploatacji środków transportu i skrócenie czasu podróży (przewozu). Przekłada się to na wymierne korzyści w postaci wzrostu produktywności oraz konkurencyjności przedsiębiorstw i regionów oraz korzyści społeczne. Stąd zagadnienia związane z transportem są ważnym elementem polityk: gospodarczej, zagospodarowania przestrzennego, społecznej, samorządowej i lokalnej, jak również budżetowej i fiskalnej państwa (zob. Narodowy Plan Rozwoju 2007-2013, Narodowe Strategiczne Ramy Odniesienia 2007-2013, Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego 2010-2020, Strategia Rozwoju Transportu do roku 2030, koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030, Strategie Rozwoju Województw).

Rozwój infrastruktury transportu pociąga jednak za sobą również negatywne skutki. Transport powoduje nie tylko poważne zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego, wody i gleby oraz emisję hałasu, ale przyczynia się także do zniekształcenia naturalnej rzeźby terenu oraz dewastuje szatę roślinną i zagraża faunie. Niekorzystnie wpływa na miejsce zamieszkania i działalności człowieka oraz na organizm ludzki, powodując zagrożenie dla jego zdrowia i życia. Narzędziem, które umożliwia w miarę pełną i obiektywną identyfikację możliwych zagrożeń ze strony transportu, a tym samym zmniejsza ryzyko popełnienia błędów, pozwalając chronić zasoby naturalne, przeciwdziałać degradacji środowiska i chronić zdrowie ludzi, a przez to zapewniać, że wzrost społeczno-ekonomiczny będzie przebiegał w zgodzie z zasadą trwałego i zrównoważonego rozwoju, jest ocena oddziaływania na środowisko (Wiszniewska 2005). Stanowi ona usystematy-

---

<sup>49</sup> Szeroka dyskusja na ten temat i przeglądy badań dotyczących roli transportu w rozwoju gospodarczym zawarte są między innymi w pracach: Barteczek (1977), Madeyski (1978, s. 8), Orley (1985), Huddleston i Pangotra (1990, s. 578-594), Rietveld i Bruinsma (1998), Banister i Berechman (2000), Vickerman (2002, s. 139-177), Rosik (2004, s. 46-66), Wojewódzka-Król i Rolbiecki (2008, s. 34-35), Komornicki (2010), Ratajczak (1999, s. 33-37).

zowany sposób postępowania polegający na interdyscyplinarnym identyfikowaniu i szacowaniu wpływu planowanych przedsięwzięć oraz ich alternatyw na określony obszar i zachodzące w nim procesy (Adamczyk 2004, s. 40).

Istotą oceny oddziaływania na środowisko (OOŚ) jest określenie wpływu danej inwestycji z uwzględnieniem mierzalnych i niemierzalnych skutków środowiskowych, które są zróżnicowane nie tylko ze względu na rodzaj, ale również ze względu na czas trwania, zasięg geograficzny oraz ich wzajemne interakcje. Istotnym problemem metodologicznym w OOŚ jest sposób integracji ocen, które są wyznaczane przez różnych ekspertów, przy pomocy rozmaitych metod i wielu parametrów opisujących wpływ poszczególnych czynników na dany komponent środowiska, oraz przedstawienie ocen w sposób zrozumiały dla wszystkich uczestników procesu (inwestorów, ekspertów szacujących wpływ inwestycji na dany element środowiska, organy wydające decyzję oraz społeczeństwo). Problem ten może być rozwiązany, w opinii autorek, poprzez zastosowanie modelu symulacyjnego zbudowanego w konwencji metody dynamiki systemowej. Model taki pozwala na dostarczanie kompleksowych informacji dotyczących wszystkich przewidywanych efektów w ujęciu dynamiczno-przestrzennym (Leleur i inni 1998, s. 60) oraz umożliwia odzwierciedlenie wtórnych efektów wynikających z wewnętrznej dynamiki badanego układu skutków.

Artykuł przybliży problematykę procedury OOŚ w kontekście uwarunkowań prawnych oraz metodologicznych. Głównym jego celem jest wykazanie, że zastosowanie symulacji komputerowej do generowania informacji na potrzeby OOŚ może znacznie ułatwić i wzbogacić dotychczasową jej metodologię.

## **Aspekty prawne i proceduralne OOŚ**

Jednym z ważniejszych działań UE w kontekście OOŚ było uchwalenie w 1985 r., w ramach Trzeciego Programu Działań (1982-1986), *Dyrektywy 85/337/EWG w sprawie oceny skutków dla środowiska niektórych publicznych i prywatnych przedsięwzięć*, w której ustalono procedurę oceny wpływu przedsięwzięć na środowisko. Zgodnie z jej treścią, najlepszą polityką ekologiczną jest polityka prewencyjna, a najskuteczniejszym instrumentem takiej polityki jest OOŚ (Pyć 2005, s. 162).

W Polsce obowiązek wykonywania oceny oddziaływania na środowisko wprowadzony został w 1990 r. *Zarządzeniem Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 23 kwietnia 1990 r. w spra-*

wie inwestycji szczególnie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi oraz warunków, jakim powinna odpowiadać sporządzona przez rzeczoznawców ocena oddziaływania inwestycji i obiektów budowlanych na środowisko. Do krajowego porządku prawnego procedura OOS została wprowadzona Ustawą z dnia 9 listopada 2000 r. o dostępie do informacji o środowisku i jego ochronie oraz ocenach oddziaływania na środowisko.

Ważnym wydarzeniem w kontekście OOS było wejście w życie, z dniem 28 lipca 2005 r., zmian w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. *Prawo ochrony środowiska*, które w sposób fundamentalny odmieniły dotychczasową polską praktykę postępowania w omawianym obszarze. Zmiana ta podyktowana była przede wszystkim koniecznością zrationalizowania i usprawnienia procedury OOS oraz dostosowania jej do wymagań wspólnotowych (por. Wiszniewska 2005, s. 14).

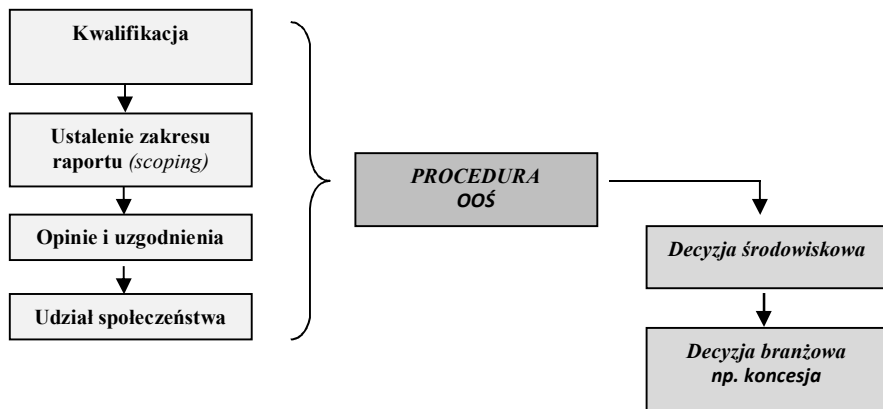
Kolejne istotne regulacje, pozwalające na pełniejszą transpozycję do prawa polskiego dyrektyw Komisji Europejskiej dotyczących OOS pojawiły się w *Ustawie z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko* (Dz. U. Nr 199, poz. 1227 ze zm.), zwanej dalej *Ustawą OOS*. Najnowsze zapisy *Ustawy OOS* zawarte zostały w *Ustawie z dnia 21 maja 2010 r. o zmianie ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko oraz niektórych innych ustaw* (Dz.U. Nr 119, poz. 804).

Zgodnie z obowiązującymi regulacjami procedura OOS jest wieloetapowym procesem, który można rozpatrywać w dwóch aspektach. Z jednej strony jest to merytoryczne oszacowanie wpływu na środowisko skutków danej inwestycji, z drugiej zaś bardzo sformalizowana procedura postępowania administracyjnego (por. Kasztelewicz i Ptak 2009; GDOŚ 2009, s. 17-64; Grudzińska i Zarzecka 2011, s. 18-34), którą w zarysie przedstawia rysunek 1.

OOS obejmuje cztery etapy (Kasztelewicz, Ptak 2009, s. 65). Pierwszy to kwalifikacja przedsięwzięcia w odniesieniu do przyjętych kryteriów (ang. *screening*) (ERM 2001a). Kończy się wydaniem postanowienia, które stwierdza obowiązek przeprowadzenia OOS i określa ramy raportu lub ustala, iż nie ma potrzeby dokonywania oceny. Drugi etap (ang. *scoping*) (ERM 2001b) dotyczy ustalenia zakresu raportu o oddziaływaniu na środowisko w oparciu o wymienione w art. 63 ust. 1 *Ustawy OOS* uwarunkowania oraz uzyskanie opinii Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska i Państwowej Inspekcji Sanitarnej. Trzeci etap to uzyskanie wymaganych

ustawą opinii i uzgodnień. Ostatnim krokiem procedury jest zapewnienie możliwości udziału społeczeństwa w postępowaniu<sup>50</sup>.

**Rysunek 1.** Ogólny schemat procedury OOŚ



Źródło: opracowanie własne na podstawie Kasztelewicz i Ptak (2009, s. 65).

Kluczowym elementem OOŚ jest raport o oddziaływaniu na środowisko. Jego zadaniem jest określenie oddziaływania planowanego przedsięwzięcia na poszczególne elementy środowiska oraz ludzi przy uwzględnieniu przyjętych przez inwestora rozwiązań lokalizacyjnych, projektowych, technologicznych, technicznych i organizacyjnych. Dokument ten stanowi podstawowe źródło informacji o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko w fazie jego realizacji, eksploatacji lub użytkowania i likwidacji (Art. 66. ust. 6 *Ustawy OOŚ*). Od liczby szczegółów, wiarygodności i jakości zawartych w nim danych zależy przebieg oceny oddziaływania na środowisko, rodzaj rozstrzygnięcia (odrzućcie projektu inwestycyjnego bądź jego akceptacja) oraz zakres, rodzaj i charakter zidentyfikowanych oraz nałożonych na inwestora warunków środowiskowych. Zakres każdego raportu o oddziaływaniu na środowisko szczegółowo określa Art. 66 *Ustawy OOŚ*.

<sup>50</sup> Szerzej na tematy proceduralne m. in. w: Obršálová i Pešta (2005, s. 42-44), Grudzińska i Zarzecka (2011, s. 20).

## Aspekty metodologiczne OOŚ

Ocena oddziaływania na środowisko skutków inwestycji w infrastrukturę transportu, z racji swojej wieloetapowości, wymaga stosowania różnych metod do identyfikacji, do prognozowania i do oceny. Identyfikacja polega na określeniu wszystkich możliwych oddziaływań inwestycji na otoczenie. W jej ramach dokonuje się konfrontacji tego co będzie oddziaływało, z tym na co to oddziaływanie będzie skierowane. Istotą prognozowania jest przewidywanie charakteru i zasięgu przyszłych oddziaływań oraz szacowanie wielkości zmian wynikających z realizacji inwestycji. Ocena natomiast obejmuje ocenę informacji uzyskanych podczas identyfikacji i prognozowania. Dokonuje się jej za pomocą różnych metod i technik umożliwiających dla projektowanego przedsięwzięcia (EKKOM 2008, s. 157):

- porównawcze zestawienie oddziaływań na poszczególne elementy środowiska, wyrażonych w różnych, często nieporównywalnych, jednostkach miary;
- charakterystykę jakościową i ilościową łącznych oddziaływań na środowisko;
- w miarę obiektywne wskazanie najmniej uciążliwego dla środowiska wariantu.

OOŚ, ze względu na różnorodność skutków, wymaga stosowania wielu bardzo zróżnicowanych i często specyficznych metod, wśród których można wyróżnić (por. Adamczyk 2004, s. 46; Gronowicz i Kubiak 2009, s. 96):

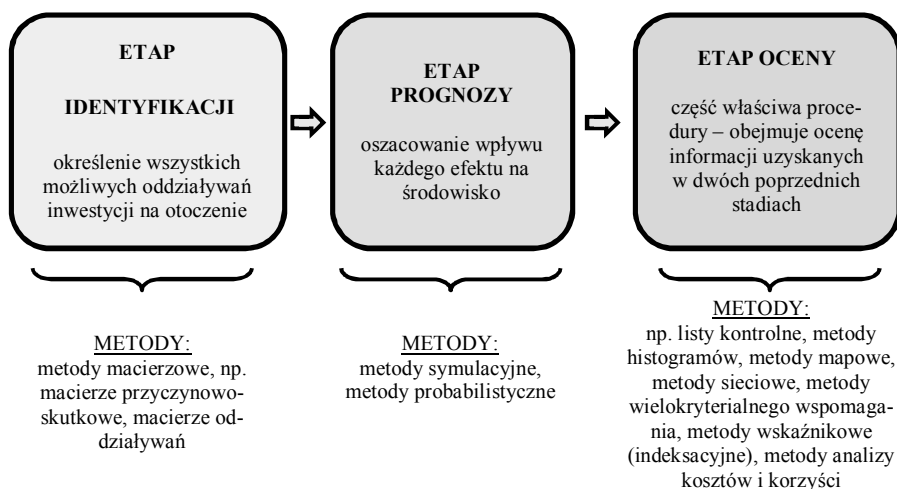
- metody standardowe, takie jak: metody sieciowe, lista kontrolna, macierz Leopolda;
- metody specyficzne, czyli metody *ad hoc* opracowywane dla konkretnego przypadku (por. Fedra i inni 1991, s. 9);
- metody opisowe: dotyczące przedstawienia stanu środowiska np.: inwentaryzacja;
- metody gromadzenia, weryfikacji i przetwarzania informacji, takie jak: macierze oddziaływań, listy kontrolne, sieci przyczynowo-skutkowe, metody mapowe;
- metody prognostyczne, służące przewidywaniu zjawisk, oparte na metodach symulacji komputerowej i statystycznych (por. Parteka 1998, s. 259).

Do metod wykonywania łącznych ocen można zaliczyć (EKKOM 2008, s. 157-165): listy kontrolne, metody histogramów, metody mapowe, metody sieciowe, wielocechową teorię użyteczności MAUT (ang. *Multi-Attribute Utility Theory*), metody wielokryterialnego wspomaganie np.:

metoda analizy hierarchii (AHP – *Analytic Hierarchy Process*) (por. Brozova i Ruzicka 2010a, s. 56-60) oraz jej udoskonalona forma – metoda analitycznego procesu sieciowego (ANP – *Analytic Network Process*) (por. Brozova i Ruzicka 2010b, s. 233-242), metody wskaźnikowe (indeksacyjne) oraz metody analizy kosztów i korzyści.

Na rysunku 2 przedstawiono fazy oceny oddziaływania na środowisko i najczęściej stosowane w nich metody.

**Rysunek 2.** Fazy oceny oddziaływania na środowisko (OOS)



Źródło: opracowanie własne.

W OOS wykorzystywane są zarówno metody jakościowe, określane mianem „metod intuicyjnych”, jak i metody ilościowe (por. Obršálová i Pešta 2005, s. 45-46). Wśród wymienionych metod można wyróżnić zarówno proste metody identyfikacji skutków, jak i metody zaawansowane, wykorzystujące modele matematyczne oraz komputerowe wspomaganie.

W przypadku prostych metod oceny, takich jak: listy kontrolne, macierze czy metody mapowe, dużą zaletą jest łatwość ich zrozumienia i zastosowania. Nie ujmują one jednak wielu czynników, przez co są mało precyzyjne dla większej liczby oddziaływań. Inne metody, takie jak metody sieciowe czy metody dokonywania ocen końcowych, są dość złożone, a dodatkowo, przy konieczności uwzględnienia dużej liczby kryteriów i ich różnych implikacji, stają się drogie, pracochłonne i wymagające od użytkowników wysokich kwalifikacji oraz wspomaganiania komputerowego.



Informatyczne wspomaganie odbywa się najczęściej na etapie prognozowania wpływu danego przedsięwzięcia na środowisko i stosuje się tu najczęściej metody ilościowe (modele symulacyjne, analizy statystyczne, itp.). Coraz większego znaczenia w zbieraniu i opracowaniu wielu danych związanych z OOŚ nabierają Systemy Informacji Geograficznej (GIS, ang. *Geographic Information System*)<sup>51</sup>. Umożliwiają one pozyskiwanie, gromadzenie, udostępnianie, przetwarzanie, analizę i wizualizację danych przestrzennych, które mogą zostać wykorzystane przy opracowywaniu dokumentacji OOŚ.

Skuteczne i efektywne stosowanie wszelkich metod oraz technik oceny oddziaływań na środowisko w dużej mierze zależy od doświadczenia i wiedzy ekspertów, którzy tworzą, wybierają i interpretują wyniki ocen. Każda z wymienionych metod ma określoną charakterystykę determinującą możliwość jej zastosowania do określonych przypadków. W tabeli 1 przedstawiono porównanie powszechnie używanych metod oceny oddziaływań ze szczególnym uwzględnieniem ich podstawowych wad i zalet.

Badania dotyczące wpływu inwestycji w infrastrukturę transportu na dany element środowiska wykonywane są przez różnych specjalistów, reprezentujących różne dyscypliny naukowej, w postaci odrębnych ekspertyz. Nie bierze się w nich najczęściej pod uwagę zależności między poszczególnymi, badanymi elementami środowiska. W raporcie o oddziaływaniu danego przedsięwzięcia na środowisko następuje scalenie odrębnych ekspertyz. Problemem jest sposób integracji ocen wyznaczanych przez różnych ekspertów i przedstawienie ich w sposób zrozumiały dla wszystkich uczestników procedury OOŚ: społeczeństwa, organizacji ekologicznych oraz urzędów wydających decyzję. Problem ten można rozpatrywać w dwóch płaszczyznach. Pierwsza dotyczy pojedynczego komponentu środowiska, na który może mieć wpływ wiele czynników (np. emisja zanieczyszczeń, hałas itp.) prowadzących do jego przekształcenia. Przewidywany stan przekształcenia danego komponentu środowiska opisywany jest wieloma różnymi parametrami, które często pozostają we wzajemnych zależnościach. Druga płaszczyzna dotyczy wyboru komponentów środowiska podlegających ocenie, co wiąże się również z określeniem reguły integracji oszacowań skutków przekształceń poszczególnych komponentów prowadzącej do łącznej oceny oddziaływania (Gruszczyński 2006, s. 53-54).

---

<sup>51</sup> Szerzej na ten temat GIS i jego zastosowaniu w: Głowacki (2005), Bielecka (2006), Kwiecień (2006, s. 12-18), Longley i inni (2006), Gotlib i inni (2007), Brzozowska i inni (2009, s. 118-126).

**Tabela 1.** Porównanie metod analizy oddziaływań

| <b>METODA</b>            | <b>ZALETY</b>  | <b>WADY</b>   |
|--------------------------|--|---|
| Listy kontrolne          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– łatwe do zrozumienia i zastosowania</li> <li>– dobre dla wyboru lokalizacji i ustalania priorytetów</li> <li>– prosty ranking i nadawanie wag</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– nie rozróżniają oddziaływań pośrednich i bezpośrednich</li> <li>– nie wiążą działania z oddziaływaniami</li> <li>– proces przypisywania wag może wywoływać kontrowersje</li> </ul> |
| Matryce                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– wiążą działanie z oddziaływaniami</li> <li>– dobre do przedstawiania wyników analizy</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– trudno rozróżnić oddziaływania pośrednie i bezpośrednie</li> <li>– znaczna możliwość podwójnego uwzględniania oddziaływań</li> </ul>   |
| Sieci                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– wiążą działanie z oddziaływaniami</li> <li>– w uproszczonej wersji pomagają identyfikować oddziaływania drugiego rzędu</li> <li>– rozróżniają oddziaływania pośrednie i bezpośrednie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– mogą być bardzo skomplikowane jeżeli wykorzystuje się je w pełnej, a nie uproszczonej wersji</li> </ul>  |
| Nakładki                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– łatwe do zrozumienia</li> <li>– dobre do przedstawiania wyników analizy</li> <li>– dobre do wyboru lokalizacji</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– pozwalają na analizę tylko bezpośrednich oddziaływań</li> <li>– nie uwzględniają trwania i prawdopodobieństwa wystąpienia oddziaływania</li> </ul>                                 |
| Metody GIS i komputerowe | <ul style="list-style-type: none"> <li>– doskonałe do identyfikacji i analizy oddziaływań</li> <li>– pozwalają na eksperymentowanie</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– silnie bazują na wiadomościach i danych</li> <li>– często złożone i kosztowne</li> </ul>   |

Źródło: Lackowski i inni (2004, s. 44-45).

W celu rozwiązania omawianego problemu potrzebne jest zastosowanie odpowiedniego narzędzia. W opinii auterek takim narzędziem mogłyby być komputerowy model symulacyjny integrujący różne podejścia i metody stosowane w OOS w jeden układ metodyczny. Model taki umożliwiłby jednocześnie oszacowanie wszystkich branż pod uwagę skutków w ocenie oddziaływań w ujęciu dynamicznym.

## **Przesłanki zastosowania symulacji komputerowej w OOS**

Symulacja komputerowa jest metodą numeryczną służącą do dokonywania eksperymentów na pewnych rodzajach modeli matematycznych, które opisują przy pomocy komputera zachowanie się złożonego systemu, w ciągu długiego okresu czasu (Naylor 1975, s. 21). Według Małka (1977, s. 54) metoda ta ma przewagę nad tradycyjnymi metodami stosowanymi w analizie problemów transportowych, gdyż umożliwia przeanalizowanie skomplikowanych procesów zachodzących w badanym systemie i jego otoczeniu zarówno w czasie, jak i przestrzeni. Podobny pogląd w odniesieniu do systemów złożonych (a takim jest system wzajemnych oddziaływań między transportem a środowiskiem) przedstawia Forrester (1971, s. 88), który twierdzi, że „efektywne odzwierciedlanie zachowania się systemu złożonego leży poza granicami tradycyjnych metod matematycznych.” Jedyne efektywne narzędzie widzi on w symulacji komputerowej. Niemal identyczne stanowisko prezentuje Cempel (2003, rozdz. 7) oświadczając, iż „w poznawaniu systemów złożonych, symulacja przez swą zdolność manipulacji czasoprzestrzenią jest jedynym narzędziem pozwalającym ująć i zrozumieć przyczynowo-skutkowe powiązania odległe w czasie i w przestrzeni, i powiązane wieloma sprzężeniami zwrotnymi”.

Klasycznie, techniki symulacji komputerowej można podzielić na dyskretne i ciągłe. W symulacji dyskretnej decydującym elementem są zdarzenia. Opis systemu składa się tu głównie z równań logicznych, określających warunki występowania poszczególnych zdarzeń. Techniki symulacji dyskretnej są szeroko stosowane w analizie systemów masowej obsługi, zarządzaniu zapasami oraz systemach planowania produkcji.

Symulacja ciągła polega na modelowaniu systemu za pomocą ciągłych równań, opisujących zmiany atrybutów badanego systemu w czasie. Najprostsze modele tego typu mają postać układów liniowych równań różniczkowych o stałych współczynnikach. Symulacja ciągła jest możliwa do przeprowadzenia za pomocą komputerów, wówczas gdy stosuje się do całkowania równań małych przyrostów czasowych (Lipiec-Zajchowska 1988, s. 25). W odniesieniu do systemów społeczno-ekonomicznych szeroko stosowaną metodą symulacji ciągłej jest dynamika systemowa, rozwinięta przez Forrester'a i jego współpracowników z MIT (Forrester 1961)<sup>52</sup>.

---

<sup>52</sup> Aparat matematyczny oraz zasady modelowania w konwencji dynamiki systemowej przedstawiono w licznych publikacjach, przykładowo: Gordon (1974), Łukaszewicz (1975), Souček (1979), Krupa (2008), Łatuszyńska (2008), Tarajkowski (2008).

Dynamika systemowa wywodzi się z cybernetycznego podejścia do analizy systemów i jest z powodzeniem stosowana do badania problemów złożonych, w tym związanych ze środowiskiem naturalnym i tematyką transportową, wymagających integrację różnych podejść i metod, przykładowo: Kappel i Staub (1981), Biniek i Hidber (1987), Vester (1995), Kuchenbecker i Rothengatter (1998), ASTRA (1999), Ford (1999), SCENARIOS (2000), Łatuszyńska (2001), SCENES (2002), Yevdokimov (2002), Schade i inni (2002), Łatuszyńska (2004), Schade i Rothengatter (2004), Leal Neto i in. (2006), Stave (2010), Cimren i inni (2010, s. 2814–2832).

Na podstawie wymienionych publikacji można stwierdzić, że metoda dynamiki systemowej pozwala na konstruowanie modeli dynamicznych, ilościowych oraz spójnych. Dynamicznych – bo w badaniach brany jest pod uwagę czynnik czasu, a dzięki możliwościom, jakie daje symulacja komputerowa, możliwe jest odtworzenie długoterminowych, opóźnionych i wtórnych efektów przedsięwzięć infrastrukturalnych. Dzięki systemowodynamicznej symulacji komputerowej możliwe jest odzwierciedlenie etapowej realizacji przedsięwzięć, co jest istotne w przypadku inwestycji infrastrukturalnych charakteryzujących się długim okresem realizacji. Zastosowanie modeli ilościowych, które są bardziej obiektywne od jakościowych ocen ekspertów, umożliwi uzyskanie bardziej przejrzystych wyników. Dzięki kwantyfikacji oraz ujęciu dynamicznemu, model symulacyjny pokazuje ścieżki czasowe wartości dla modelowanych efektów. Ścieżki te odzwierciedlają zmiany wartości efektów w określonym czasie, między krokiem bazowym a określonym punktem czasu w przyszłości (Łatuszyńska 2004, s. 144). Dzięki zastosowaniu takiego podejścia możliwe jest również obserwowanie kumulacji efektów, co jest ważne np. w przypadku analizy emisji CO<sub>2</sub>. Łatwa jest również synteza licznych i zróżnicowanych skutków różnych wariantów, co jest istotne z punktu widzenia oceny planowanych przedsięwzięć – wyniki modelu zestawione tabelarycznie i wyrażone w jednostkach naturalnych mogą być podstawą do podjęcia decyzji o wyborze danego wariantu.

## **Zakończenie**

Ocena oddziaływania na środowisko jest bardzo skomplikowaną procedurą, zarówno w aspekcie postępowania administracyjnego, jak i od strony merytorycznego szacowania oddziaływania na środowisko skutków danej inwestycji. Jest to jednak instrument, który podlega stałemu procesowi doskonalenia. Ewolucja regulacji prawnych, wynikająca między innymi z przyjętych zobowiązań wspólnotowych, ukazuje dążenie do ujednoczenia

i obiektywizowania OOS. W podobnym kierunku powinna zmierzać praktyka przeprowadzania OOS od strony metod stosowanych do szacowania efektów oddziaływania przedsięwzięć na środowisko. Narzędzia komputerowe są bardzo pomocne, lecz zwykle dotyczą tylko jednego czy dwóch efektów jednocześnie lub nie pozwalają na ukazanie tych efektów na osi czasu.

Na podstawie literatury przedmiotu można sformułować hipotezę, że metoda, która pozwoliłaby na zbudowanie kompleksowego, dynamicznego i spójnego modelu do badania wpływu inwestycji w infrastrukturę transportu na środowisko, jest metoda symulacji ciągłej – dynamika systemowa. Metoda ta powstała na bazie teorii kilku dyscyplin naukowych, więc już z genezy wynika jej zdolność do łączenia różnych podejść w jeden wspólny układ metodyczny. Pozwala zatem na integrację różnych podejść i metod stosowanych w OOS, a tym samym na jednoczesne oszacowanie wszystkich branych pod uwagę w ocenie efektów, w ujęciu dynamicznym.

Obecnie trwają prace nad skonstruowaniem komputerowego modelu symulacyjnego w notacji dynamiki systemowej, wspomagającego OOS, w ramach grantu badawczego Narodowego Centrum Nauki pt. „Modelowanie wpływu inwestycji w infrastrukturę transportu na środowisko naturalne”<sup>53</sup>.

## Literatura

- Adamczyk W. (2004), *Ekologia wyrobów – jakość, cykl życia, projektowanie*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- ASTRA (1999), *Assessment of Transport Strategies, Deliverable D3: System Dynamics Model Platform*, Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung, Universität Karlsruhe.
- Banister D., Berechman J. (2000), *Transport Investment and Economic Development*, UCL Press, London.
- Bartczek A. (1977), *Integracyjna funkcja infrastruktury gospodarczej w świetle badań nad Górnośląskim Okręgiem Przemysłowym*, Studia KPZK PAN, t. LIX, PWN, Warszawa.
- Biniek Z., Hidber C. (1987), *Ein Systemdynamisches Simulationsmodell des Alpenquerenden Güterverkehrs*, IVT-ETH Zürich, Zürich.
- Brauweiler J., Kramer M., Nowak Z. (2005), *Międzynarodowe zarządzanie środowiskiem. Tom 2: Instrumenty i systemy zarządzania*, C.H. Beck, Warszawa.
- Brozova H., Ruzicka M. (2010a), *The Assessment of Environmental Impacts of Transport Using ANP*, 12th WSEAS International Conference on Mathematical Methods, Computational Techniques and Intelligent Systems (MAMECTIS

---

<sup>53</sup> ID: 154139, Nr rej.: 2011/01/B/HS4/05232.

- '10), Sousse, Tunisia, <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2010/Tunisia/MAMECTIS/MAMECTIS-08.pdf> (22.03.2011).
- Brozova H., Ruzicka M. (2010b), *The AHP and ANP Models for Transport Environmental Impacts Assessment*, WSEAS TRANSACTIONS on POWER SYSTEMS, Vol. 5, No. 3, <http://www.wseas.us/e-library/transactions/power/2010/89-877.pdf> (23.03.2011).
- Brzozowska L., Brzozowski K., Dąg Ł. (2009), *System informacji przestrzennej jako integrator systemu komputerowego do oceny jakości powietrza*, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa”, Nr 5 (712).
- Bielecka E. (2006), *Systemy Informacji Geograficznej. Teoria i zastosowania*, Wyd. PJWSTK, Warszawa.
- Cempel C. (2003), *Nowoczesne Zagadnienia Metodologii i Filozofii Badań*, Politechnika Poznańska, Poznań.
- Cimren E., Bassi A., Fiksel J. (2010), *T21-Ohio, a System Dynamics Approach to Policy Assessment for Sustainable Development: A Waste to Profit Case Study*, Special Issue System Dynamics Simulation of Environmental and Resource Sustainability, 2(9), MDPI AG, Basel, <http://dx.doi.org/10.3390/su2092814>.
- EKKOM (2008), *Podręcznik dobrych praktyk wykonywania opracowań środowiskowych dla dróg krajowych*, Biuro Ekspertyz i Projektów Budownictwa Komunalnego „EKKOM”, Kraków.
- ERM (2001a), *Wytyczne dotyczące OOS – Screening*, Zarząd Zasobami Środowiska – Environmental Resources Management (ERM) w ramach umowy badawczej z Dyrekcją Generalną Komisji Europejskiej ds. Środowiska, Urząd Oficjalnych Publikacji Wspólnot Europejskich, Luksemburg.
- ERM (2001b), *Wytyczne dotyczące OOS – Scoping*, Zarząd Zasobami Środowiska – Environmental Resources Management (ERM) w ramach umowy badawczej z Dyrekcją Generalną Komisji Europejskiej ds. Środowiska, Urząd Oficjalnych Publikacji Wspólnot Europejskich, Luksemburg.
- Fedra K., Winkelbauer L., Pantulu V.R. (1991), *Expert Systems for Environmental Screening. An Application in the Lower Mekong Basin*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, <http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/RR-91-019.pdf> (19.10.2011).
- Findeisen W. (1985), *Analiza systemowa – podstawy i metodologia*, PWN, Warszawa.
- Ford A. (1999), *Modeling the Environment: An Introduction To System Dynamics Modeling Of Environmental Systems*, Island Press, Washington, <http://dx.doi.org/10.1177/003754970007400406>.
- Forrester J.W. (1961), *Industrial Dynamics*, The MIT Press and Wiley, New York.
- Forrester J.W. (1971), *Planung unter dem Einfluss komplexer Sozialer Systeme*, [w:] *Politische Planung in Theorie und Praxis*, Piper Verlag, München.
- GDOŚ (2009), *Postępowania administracyjne w sprawach określonych ustawą z dn. 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko*, Zeszyty metodyczne nr 1 Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska, Warszawa.

- Głowacki T. (2005), *Projekty GIS, Administracja i użytkowanie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Gordon G. (1974), *Symulacja systemów*, WNT, Warszawa.
- Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R. (2007), *GIS. Obszary zastosowań*, PWN, Warszawa.
- Gronowicz J., Kubiak T. (2009), *Zastosowanie procedury oceny oddziaływania na środowisko w procesie projektowania stacji demontażu samochodów wycofanych z eksploatacji*, „Problemy Eksploatacji”, Nr 1.
- Grudzińska I., Zarzecka J. (2011), *Zmiany w postępowaniach administracyjnych w sprawach ocen oddziaływania na środowisko*, Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Gruszczynski S. (2006), *Ocena i prognozowanie stanu gleb na potrzeby planów i programów*, Inżynieria Środowiska, T. 11, z. 1, Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, [http://journals.bg.agh.edu.pl/INZYNIERIA/2006-01/IS\\_2006\\_1\\_04.pdf](http://journals.bg.agh.edu.pl/INZYNIERIA/2006-01/IS_2006_1_04.pdf) (18.03.2011).
- Hofman L. (1968), *Ekonomika żeglugi śródlądowej w zarysie*, Wydawnictwo Morskie, Gdynia.
- Huddleston J.R., Pangotra P.P. (1990), *Regional and local economic impacts of transportation investments*, „Transportation Quarterly”, Vol. 44.
- Kamińska T. (1999), *Makroekonomiczna ocena efektywności inwestycji infrastrukturalnych na przykładzie transportu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Kamińska T., Rusak M. (2000), *Kryteria społeczno-ekonomiczne decyzji infrastrukturalnych w transporcie*, „Przegląd Komunikacyjny”, Nr 3.
- Kappel R., Staub P. (1981), *The ZENCAP/D Model. Energy, Capital Requirements and Economics development: Preliminary Results for the Federal Republic of Germany*, Working Papers No 10, ETH, Zürich.
- Kasztelewicz Z., Ptak M. (2009), *Procedura oceny oddziaływania na środowisko w górnictwie odkrywkowym, w świetle nowych regulacji ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki obszarów Natura 2000*, Warsztaty z cyklu: Zagrożenia naturalne w górnictwie, [http://www.min-pan.krakow.pl/Zaklady/pgeodyn/warsztaty/pdf/\\_06\\_.pdf](http://www.min-pan.krakow.pl/Zaklady/pgeodyn/warsztaty/pdf/_06_.pdf) (15.06.2012).
- Komornicki T. i inni (2010), *Ocena wpływu inwestycji infrastruktury transportowej realizowanych w ramach polityki spójności na wzrost konkurencyjności regionów (w ramach ewaluacji ex post npr 2004-2006). Raport końcowy*, Polska Akademia Nauk, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. S. Leszczyckiego, Warszawa.
- Krupa K. (2008), *Modelowanie symulacja i prognozowanie. Systemy ciągle*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Kuchenbecker K., Rothengatter W. (1998), *A System Dynamics Approach to Transport Infrastructure Planning*, The World Conference on Transport Research, Antwerp.

- Kwiecień J. (2006), *Trendy rozwojowe GIS*, „Przegląd Geodezyjny”, Rok LXXVIII, Nr 6.
- Lackowski A., Lenart W., Wiszniewska B., Szydłowski M. (2004), *Metodyka oceny oddziaływania na środowisko jako całość w procesie wydawania pozwolenia zintegrowanego*, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa, [http://ippc.mos.gov.pl/ippc/custom/metodyka1\(1\).pdf](http://ippc.mos.gov.pl/ippc/custom/metodyka1(1).pdf) (06.07.2012).
- Leal Neto A. de C., Legey L.F.L., Gonzalez-Araya M.C., Jablonski S. (2006), *A System Dynamics Model for the Environmental Management of the Sepetiba Bay Watershed, Brazil*, Environ Manage, Springer Science+Business Media, Inc., <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-005-0211-5>.
- Leleur S., Kronbak J., Nielsen O.,A., Rehfeld C., Bulman E., Giorgi L., Reynaud Ch., Viegas J., Räsänen J., Maffi S. (1998), *CODE-TEN Deliverable D1. Base-line Methodology*, ICCR, Vienna.
- Lipiec-Zajchowska M. (1988), *Metody symulacji komputerowej w prognozowaniu makroekonomicznym*, PWE, Warszawa.
- Longley P., Goodchild M., Maguire D. Rhind D. (2006), *GIS. Teoria i praktyka*, PWN, Warszawa.
- Łatuszyńska M. (2001), *Symulacyjne modelowanie ekonomicznych skutków podejmowania decyzji transportowych*, „Studia Informatica”, Nr 15.
- Łatuszyńska M. (2004), *Modelowanie efektów rozwoju międzynarodowych korytarzy transportowych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Łatuszyńska M. (2008), *Symulacja komputerowa dynamiki systemów*, Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej, Gorzów Wielkopolski.
- Łatuszyńska M. (2010), *Dynamika systemowa w modelowaniu systemu transportowego*, 65-lecie Szczecińskiej Szkoły Ekonomiki Transportu, Przeszłość, teraźniejszość, przyszłość, Zeszyty Naukowe US nr 628, „Problemy Transportu i Logistyki”, nr 13.
- Łukaszewicz R.(1975), *Dynamika Systemów Zarządzania*, PWN, Warszawa.
- Madeyski M., Morawski W., Lissowska E. (1978), *Transport. Rozwój i integracja*, wyd. 2, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Małek P. (1977), *Elementy cybernetyki w planowaniu przewozów*, WKiŁ, Warszawa.
- Naylor T.H. (1975), *Modelowanie cyfrowe systemów ekonomicznych*, PWN, Warszawa.
- Obršálová I., Pešta J. (2005), *Ocena Oddziaływania na Środowisko (OOŚ)* [w:] Kramer M., Brauweiler J., Nowak Z. (red.), *Międzynarodowe zarządzanie środowiskiem, Tom II: Instrumenty i systemy zarządzania*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa.
- Orley A. (1985), *Regional income variation and transportation*, „Journal of Regional Analysis and Policy”, Vol. 15, No. 2.



- Parteka T. (1998), *Metodologiczne aspekty ocen oddziaływania autostrad na środowisko* [w:] Lenart W., Tyszecki A. (red.), *Poradnik przeprowadzania ocen oddziaływania na środowisko*, Eko-Konsult, Gdańsk.
- Pyć D. (2005), *Traktaty* [w:] Z. Brodecki (red.), *Ochrona środowiska*, Lexis Nexis, Warszawa.
- Ratajczak M. (1999), *Infrastruktura w gospodarce rynkowej*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań.
- Rietveld P., Bruinsma F. (1998), *Is transport infrastructure effective?*, Transport infrastructure and accessibility impacts on the space economy, Springer, Berlin.
- Rosik P. (2004), *Infrastruktura transportu jako czynnik rozwoju regionalnego*, „Zeszyty Studiów Doktoranckich”, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Vol. 19.
- SCENARIOS (2000), *Final Report*, Institut National de Recherche sur les Transport et leur Sécurité, Paris.
- SCENES (2002), *European Transport Scenarios: Final Report*, Marcial Echenique&Partners Ltd., Cambridg.
- Schade B., Rothengatter W., Schade W. (2002), *Strategien, Maßnahmen und ökonomische Bewertung einer dauerhaft umweltgerechten Verkehrsentwicklung. Bewertung der dauerhaft umweltgerechten Verkehrsentwicklung mit dem systemdynamischen Modell ESCOT*, Federal Environmental Agency, Berlin.
- Schade B., Rothengatter W. (2004), *The Economic Impact of Environmentally Sustainable Transport in Germany*, „EJTIR”, Vol. 4, No. 1.
- Souček Z. (1979), *Modelowanie i projektowanie systemów gospodarczych*, PWN, Warszawa.
- Stave K. (2010), *Participatory System Dynamics Modeling for Sustainable Environmental Management: Observations from Four Cases*; Special Issue System Dynamics Simulation of Environmental and Resource Sustainability, *Sustainability* 2(9), MDPI AG, Basel, <http://dx.doi.org/10.3390/su2092762>.
- Tarajkowski J. (2008), *Elementy dynamiki systemów*, Wyd. AE, Poznań.
- Vester F. (1995), *Crashtest Mobilität*, Heyne, München.
- Vickerman R.W. (2002), *Transport and economic development* [w:] Transport and Economic Development, Round Table 119, *European Conference of Ministers of Transport*, OECD, Paris.
- Wierzbiński T. (red.) (1975), *Podstawy informatyki w transporcie*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Wiszniewska B. (2005), *Materiały szkoleniowe dla przedstawicieli administracji publicznej w zakresie ochrony środowiska, Część I – Oceny oddziaływania na środowisko*, Projekt Phare PL 2003/005-710.05.01 „Wdrażanie dyrektywy IPPC i aspektów dyrektywy EIA”, Warszawa.
- Wojewódzka-Król K., (red.) (2002), *Rozwój infrastruktury transportu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.

- Wojewódzka-Król K., Rolbiecki R. (2008), *Infrastruktura transportu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Yevdokimov Y.V. (2002), *Sustainable Transportation System: A System Dynamics Approach*, 3rd International Conference on Public Economics, Paris.
- Zakrzewski R. (2007), *Ocena oddziaływania na środowisko w projektach infrastrukturalnych*, Konferencja nt. Realizacja projektów z Funduszu Spójności w sektorze środowisko i transport, Ministerstwo Środowiska, Kraków, <http://www.fundusze-strukturalne.gov.pl/NR/rdonlyres/81AB1A37-33F1-4FE5-86C2-108E5BF5B731/30326/OOS1.pdf> (stan na 08.04.2012).