

## INWESTYCJE BUDOWLANE A OCHRONA PRZYRODY I ŚRODOWISKA

Elżbieta Szafranko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji, Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa, Instytut Budownictwa, 10-724 Olsztyn, ul. Heweliusza 4, e-mail: elasz@uwm.edu.pl

### STRESZCZENIE

Inwestycje budowlane są nierozzerwanie związane z rozwojem gospodarczym każdego kraju. Rozbudowa miast i osiedli, budowa obiektów przemysłowych, handlowych, rekreacyjnych oraz sieci komunikacyjnej jest konieczna i wynika ze strategii rozwoju regionów. Aby ich realizacja była możliwa konieczne jest przygotowanie terenów przeznaczonych pod rozbudowę. W wielu regionach naszego kraju tereny pod budownictwo są coraz bardziej ograniczone, a ponadto inwestorom często zależy na atrakcyjnej lokalizacji inwestycji. Z tego też powodu coraz częściej inwestycje budowlane niebezpiecznie zbliżają się do terenów cennych przyrodniczo i chronionych a często wchodzą na te obszary. Aby zminimalizować negatywne oddziaływania inwestycji na środowisko opracowuje się kilka wariantów inwestycji a następnie oceniając ich pozytywne i negatywne skutki dokonuje się wyboru alternatywy, najlepszej z punktu widzenia otaczającego środowiska. Dla zobrazowania postępowania przedstawiono przykład analizy z zastosowaniem proponowanej przez autorkę metody wskaźnikowej.

**Słowa kluczowe:** inwestycje budowlane, skutki, ochrona środowiska, metody oceny

### CONSTRUCTION PROJECTS VERSUS THE PROTECTION OF NATURE AND ENVIRONMENT

#### ABSTRACT

Construction investments are related to the economic development of each country. Expansion of towns and settlements, construction, industrial, commercial and recreational objects and the communication network is necessary and results from regional development strategies. For their implementation it is necessary to prepare the area designated for their development. In many regions of our country area suitable for construction are increasingly limited, and furthermore investors often looks for an attractive investment location. For this reason, more and more construction projects dangerously close to areas of high natural value and protected and often are entering the these areas. To minimize the negative investment impact on the environment there are developed several variants of investment. Next, assessing the positive and negative effects, we choose the best, from the point of view of the surrounding environment solution. To illustrate the procedure example of analysis using the method proposed by the author, the indicator is shown.

**Keywords:** construction projects, effects, environmental protection, assessment methods

### WPROWADZENIE

Inwestycje budowlane są nierozzerwanie związane z rozwojem gospodarczym każdego kraju. Rozbudowa miast i osiedli, budowa obiektów przemysłowych, handlowych, rekreacyjnych oraz sieci komunikacyjnej jest konieczna i wynika ze strategii rozwoju regionów. Aby ich realizacja była możliwa konieczne jest przygotowanie terenów przeznaczonych pod rozbudowę. W wielu regionach naszego kraju tereny pod budow-

nictwo są coraz bardziej ograniczone, a ponadto inwestorom często zależy na atrakcyjnej lokalizacji inwestycji. Z tego też powodu coraz częściej inwestycje budowlane niebezpiecznie zbliżają się do terenów cennych przyrodniczo i chronionych a często wchodzą na te obszary. Naprzeciw potrzebom ochrony środowiska przed działaniami inwestycyjnymi wychodzą uregulowania prawne. Są to zarówno nasze krajowe przepisy jak i dyrektywy unijne. Jednak, aby zastosować wytyczne zawarte w uregulowaniach prawnych musimy

określić potencjalne zagrożenia wynikające z realizacji planowanych przedsięwzięć inwestycyjnych oraz ustalić możliwe lokalizacje.

Wśród obiektów budowlanych, tak potrzebnych dla rozwoju gospodarki i społeczności lokalnych, na szczególną uwagę zasługują obiekty liniowe [Szafranko 2013b]. Z ich realizacją związanych jest szereg problemów głównie ze względu na fakt, że ciągną się przez dziesiątki kilometrów i bardzo często wchodzą w kolizję z otaczającym środowiskiem naturalnym. Dlatego działania ograniczające ewentualny szkodliwy wpływ tych inwestycji na środowisko powinny być prowadzone już na etapie planowania inwestycji [Siuta 2016a, 2016b]. Pierwsza grupa działań to właściwa lokalizacja i wytyczenie trasy. To na etapie planowania analizowane są takie rozwiązania, które w jak najmniejszym stopniu naruszają cenne ekosystemy. Analizowane są szczegóły dotyczące obszarów cennych przyrodniczo, (nawet ilości drzew, które trzeba będzie wyciąć w związku z realizowaną inwestycją) [Green Building... 2010].

Na etapie projektowania podejmowane są decyzje dotyczące szczegółów konstrukcyjnych, rozwiązań technologicznych i materiałowych oraz służących ochronie zwierząt czy roślin [Broniewicz 2009]. Od zaprojektowanych rozwiązań zależy również uciążliwość w trakcie realizacji robót jak również w ciągu całego okresu eksploatacji.

## CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem podjętych badań jest określenie najczęściej spotykanych oddziaływań inwestycji budowlanej na środowisko naturalne oraz przedstawienie metody jej oceny pod kątem tych interakcji. W zależności od charakteru inwestycji te wpływy mogą być różne a ich zasięg może być większy lub mniejszy [Brown 2012; Hurynovich 2016]. Badania wykazały, że największy problem związany z planowaniem inwestycji pojawia się przy realizacji inwestycji o charakterze liniowym [Szafranko 2014, Zavadskas i in. 2007]. Są to inwestycje ciągnące się dziesiątki kilometrów i trudno planując je ominąć obszary cenne przyrodniczo. W związku z tym badaniami zostały objęte inwestycje drogowe, których realizacja związana jest wielokrotnie z koniecznością przecięcia obszarów leśnych a równie często trasy zbliżają się do cennych przyrodniczo obszarów. W postę-

powaniu analitycznym bardzo ważne jest opracowanie wariantów tras i ocena każdego z nich.

W artykule zaproponowano do oceny przygotowanych rozwiązań metodę wskaźnikową opracowaną przez autorkę [Szafranko 2015].

## METODYKA BADAŃ

Badania przedstawione w artykule zostały przeprowadzone etapowo. Punktem wyjścia do postępowania, jakim jest analiza wielokryterialna jest ustalenie oddziaływań inwestycji na środowisko. W badaniach prowadzonych metodą wskaźnikową (podobnie jak innymi metodami analiz wielokryterialnych) w pierwszym etapie zdefiniowano kryteria, służące dalszym ocenom poszczególnych wariantów inwestycji [Abu Dabous i Alkass 2008, Dytczak 2010]. Ten etap przeprowadzono w oparciu o analizy inwestycji podobnych uwzględniając jednak indywidualny charakter ocenianego obiektu oraz jego lokalizację. Ocena stopnia spełnienia przez warianty określonych wymogów jest najważniejszym etapem analizy i wymaga udziału ekspertów [Marques i in. 2011, Szafranko 2013], wśród których przeprowadzane są ankiety służące do dalszych badań. Potrzeba zasięgnięcia opinii szeregu osób determinowana jest przez odmienne postrzeganie rzeczywistości i procesów w niej zachodzących. Opinie ekspertów są z reguły różne. Stanowiska ich budowane są w oparciu o różne priorytety, systemy wartości, w oparciu o różną wiedzę, wykształcenie i doświadczenie.

Ponieważ metoda wskaźnikowa [Szafranko 2015] pozwala uwzględnić negatywne wpływy planowanej inwestycji na otaczające środowisko w ankietach należy uwzględnić taką możliwość. Kierowana do ekspertów ankietą zawiera takie możliwości a oceniając warianty planowanej inwestycji tą metodą, można użyć wartości ujemnych, wg. przykładowej skali od -5 do +5. To podejście pozwala ocenić również negatywne efekty inwestowania (tab. 1).

**Tabela 1.** Przykład ankiety dla metody wskaźnikowej  
**Table 1.** Example of survey for indicator method research

Nazwa kryterium	Ocena oddziaływań na środowisko										
	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
A1											
A2											

Kolejnym etapem analizy wskaźnikowej jest ustalenie ważności opisanych wcześniej kryteriów przy realizacji analizowanej inwestycji [Szafranko 2015]. Wagi określają priorytety, które w różnym stopniu mogą spełnić zaprojektowane warianty.

W metodzie wskaźnikowej korzysta się z macryc (skonstruowanych w formie tabelarycznej), w których opisywane są poszczególne oddziaływania na środowisko przyrodnicze, a kolejnym kryteriom przyporządkowane są wagi (istotność wpływu na środowisko). Zestawienie interesujących nas informacji obejmuje wszystkie analizowane warianty lokalizacji inwestycji. Ażeby uzyskać dane do obliczeń w tabeli konieczne jest przeprowadzenie ankiet obejmujących ocenę skutków pośrednich i bezpośrednich planowanej inwestycji. W tabeli 2 przedstawiono zasadę konstrukcji macrycy [Szafranko 2015]. Liczba w lewym górnym rogu każdej komórki opisuje skutek bezpośredni a w prawym dolnym skutek pośredni wpływu na dany element środowiska przyrodniczego. Po środku znajduje się suma skutków pomnożonych przez wagę. Suma poszczególnych skutków jest ocena cząstkową wpływu na środowisko danego wariantu [Szafranko 2015].

Ocena cząstkowa wpływu na środowisko i-tego kryterium dla j-ego wariantu:

$$Q_{ij} = (P_{ij} + R_{ij}) * W_i \quad (1)$$

Gdzie:  $P_{ij}$  – skutek bezpośredni kolejnego wariantu w aspekcie kryterium A;

$R_{ij}$  – skutek pośredni kolejnego wariantu w aspekcie kryterium A

$W_i$  – waga kryterium A

## PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA I PRZEBIEG BADAŃ

### Ustalenie kryteriów dla wariantowania inwestycji drogowych

Dla zobrazowania problemów ochrony środowiska przy realizacji inwestycji budowlanych analizie poddano budowę odcinka drogi zaplano-

wanej na terenach zalesionych, cennych przyrodniczo. Inwestor opracował trzy warianty możliwe do realizacji. Ażeby uwzględnić szereg aspektów decydujących o przewadze jednego z wariantów nad innymi analizie poddano kilka inwestycji podobnych. W trakcie badań ustalono szereg kryteriów o charakterze miękkim, dotyczących zjawisk, które można stopniować. Można je przedstawić w formie opisowej lub przyznając punkty wagowe za spełnienie wymagań w większym lub mniejszym stopniu. Przykładowe kryteria miękkie to np: odległość od drogi publicznej (w km), odległość od zbiorników wodnych (km), koszty inwestycji (zł), wpływ na otaczające środowisko – różne aspekty (skala opisowa), liczba drzew do wycięcia (szt.).

Rozważane kryteria pozwoliły opracować szereg czynników, które należy uwzględnić w dalszych analizach. W analizowanym przykładzie uwzględniono następujące kryteria główne:

1. Kryterium funkcjonalne,
2. Kryterium techniczne,
3. Kryterium ruchowe,
4. Kryterium ekonomiczne,
5. Kryterium ochrony środowiska przyrodniczego,
6. Kryterium ochrony środowiska społecznego.

Kryterium funkcjonalne obejmuje następujące cechy: długość trasy analizowanego wariantu, dostępność komunikacyjną (ilość węzłów), przepustowość trasy i poziom swobody ruchu. Kryterium techniczne obejmuje: ilość i powierzchnię obiektów inżynierskich, rozwiązania techniczne, warunki geologiczno-inżynierskie, kolizje z infrastrukturą techniczną. Kryterium ruchowe to czas przejazdu i bezpieczeństwo ruchu. Kryterium ekonomiczne obejmuje wartość przedsięwzięcia, wskaźnik korzyści B/C, wartość gruntów przeznaczonych do wykupu, cenę bieżącego rocznego utrzymania drogi. Kryterium ochrony środowiska przyrodniczego obejmuje najczęściej przecięcie cieków wodnych, długość przecięcia terenów wartościowych przyrodniczo, tereny siedlisk przyrodniczych, które mogą zostać zniszczone, przecięcia tras migracji zwierząt, ilość emisji niebezpiecznych substancji, ilość drzew do wycięcia. Kryteria ochrony środowiska społecz-

**Tabela 2.** Macryca obliczeniowa dla metody wskaźnikowej

**Table 2.** Matrix for indicator method research

Lp	Badane kryterium	Wariant nr 1 inwestycji			Wariant nr 2 inwestycji			Wariant nr 3 inwestycji			Waga kryterium
1	A1	$P_{11}$	$Q_{11}$	$R_{11}$	$P_{12}$	$Q_{12}$	$R_{12}$	$P_{13}$	$Q_{13}$	$R_{13}$	$W_1$
2	A2	$P_{21}$	$Q_{21}$	$R_{21}$	$P_{22}$	$Q_{22}$	$R_{22}$	$P_{23}$	$Q_{23}$	$R_{23}$	$W_2$

nego obejmują takie cechy jak ewentualność konfliktów społecznych, zgodność przedsięwzięcia z zapisami w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, ilość gospodarstw objętych strefą negatywnego oddziaływania czy ilość domów przewidzianych w związku z planowaną inwestycją do rozebrania. Część tych zjawisk może być przedstawiona poprzez nadanie im wartości ujemnych. Analiza wielokryterialna opiera się na dwóch elementach. W pierwszej kolejności należy określić jak dane wymagania są spełnione przez rozpatrywane kryteria, a następnie określa się ważność wcześniej zdefiniowanych kryteriów.

Ze względu na spodziewane ogromne oddziaływanie na środowisko badanej inwestycji, dalszej szczegółowej analizie poddano kryteria z grupy środowiskowej.

### Analiza czynników środowiskowych metodą wskaźnikową

Dla celów dalszego postępowania zdefiniowano pięć podkryteriów:

- C1 – naruszenie obszarów chronionych
- C2 – długość przebiegu tras przez obszary leśne
- C3 – ilość drzew do wycięcia
- C4 – przecięcie szlaków wędrówek zwierząt
- C5 – przecięcie cieków wodnych

Są to zjawiska towarzyszące realizacji inwestycji (np. konieczność wycięcia drzew) oraz takie, które będą jej towarzyszyć przez lata eksploatacji (przecięcie szlaków wędrówek zwierząt i cieków wodnych). Informacja o przyjętych wariantach pokazano w tabeli 3.

### Rozwiązanie problemu

W rozwiązywanym przypadku przeprowadzono ankietę zgodną z tabelą 1. Oceny ekspertów

zostały poddane analizie i po odrzuceniu skrajnych ustalono wypadkową oceny wpływów bezpośrednich i pośrednich. Oceniono również wagi poszczególnych kryteriów. Naruszenie obszarów chronionych zostało ocenione poprzez długość tras przebiegających przez obszary chronione (C1). Podobnie oszacowano przebieg tras przez obszary leśne (C2) Otrzymało mniejsze wartości gdyż trudno było planując inwestycję ominąć lasy całkowicie, ale można było ominąć obszary chronione. Z przebiegiem trasy przez obszary leśne związane jest (C3) wycięcie pewnej ilości drzew. Kolejnym problemem (C4) jest przecięcie szlaków wędrówek zwierząt. Bez odpowiedniej infrastruktury może to być przyczyną zwiększenia liczby kolizji, w których giną zwierzęta. Przecięcia cieków wodnych (C5) są koniecznością w praktyce inżynierskiej. Wiąże się z koniecznością zaprojektowania odpowiednich elementów infrastruktury tak, aby uniknąć problemów związanych z przepływem wody w gruncie oraz w korycie cieków wodnych. Wartości wag zostały również opracowane w oparciu o opinie ekspertów. Uznali oni, że ochrona terenów przed naruszeniem obszarów chronionych jest najważniejsza. W tabeli 4 przedstawiono zestawienie wcześniej oszacowanych wartości i wynik obliczeń.

### ANALIZA WYNIKÓW I DYSKUSJA

Otrzymane wyniki po przeanalizowaniu dają odpowiedź na wiele pytań dotyczących wpływu kolejnych wariantów inwestycji na środowisko. Szczegółowa analiza skutków pośrednich i bezpośrednich we wszystkich wariantach dowodzi, że szersze efekty (pośrednie) są z reguły mniej dotkliwe dla środowiska i wyżej oceniane przez ekspertów.

**Tabela 3.** Zestawienie wariantów

**Table 3.** List of variants

Wariant nr	Krótką charakterystyka
Wariant 1	W największym stopniu spełnia kryteria środowiskowe i przestrzenne, w niewielkim stopniu transportowe, najmniej korzystny ekonomicznie. Jest to trasa dłuższa, ale omija kilka kolizji środowiskowych
Wariant 2	Jest najtańszy zarówno uwzględniając koszt realizacji robót jak i koszty wykupu terenów i odszkodowań, uwzględnia kryteria transportowe spełnia częściowo kryteria środowiskowe. Trasa najkrótsza, ale nie w pełni realizuje zadania komunikacyjne i środowiskowe.
Wariant 3	Najlepiej spełnia kryteria transportowe i wymogi projektowe dotyczące zarówno wytyczania tras dróg oraz pozostałe, ekonomicznie lepszy niż 1 a gorszy niż 2, częściowo spełnia wymogi środowiskowe.

**Tabela 4.** Ocena wariantów w aspekcie kryteriów środowiskowych  
**Table 4.** Evaluation of the variants in the context of environmental criteria

Lp	Kryteria	Wariant nr 1 inwestycji			Wariant nr 2 inwestycji			Wariant nr 3 inwestycji			Waga kryterium
1	C1	-1	0	1	-1	-10	-1	-1	-10	-1	5
2	C2	-1	6	3	-1	3	2	-1	-3	0	3
3	C3	-2	-4	1	-1	-8	-1	2	4	-1	4
4	C4	-1	3	2	-1	-6	-1	-1	3	2	3
5	C5	1	4	1	1	4	1	-1	0	1	2
Suma			9			-17			-6		

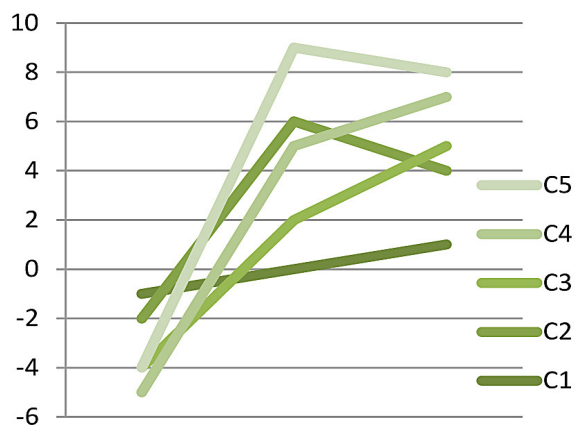
Informacja w wierszu „suma” wskazuje, że wariant 1 z wynikiem 9 punktów jest najkorzystniejszy pod względem wpływu na środowisko. Zdecydował o tym na pewno dodatni wynik cząstkowy dla kryterium C2 oraz zerowy wynik dla kryterium C1. To kryterium nie spełnione przez pozostałe warianty w dużej mierze zdecydowało o ujemnym wyniku końcowym dla wariantu 2 i 3.

Na wykresie obrazującym rozkład tych wartości (rys. 1) dla wariantu 1 można zauważyć, że jest to wariant najlepiej spełniający wymogi związane z ochroną środowiska. Wariant 2 i 3 są dużo bardziej niebezpieczne i mogą stanowić zagrożenie zarówno w ocenie wpływu pośredniego jak i bezpośredniego. Wartość środkowa na wykresach (rys. 1, 2, 3) jest spotęgowana przez przemnożenie przez wagi przypisane kolejnym kryteriom.

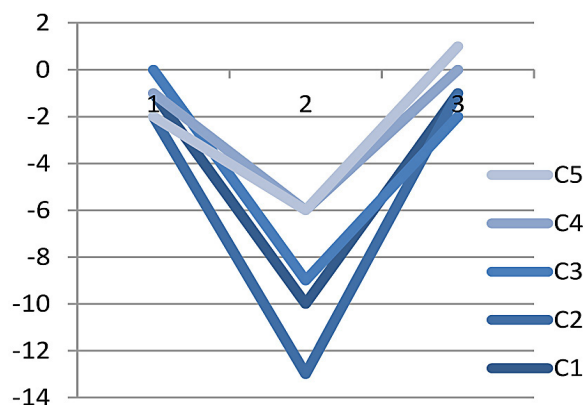
Porównanie wyniku końcowego analizy przedstawione na wykresie na rysunku 4 ukazuje przewagę wariantu 1 nad pozostałymi.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

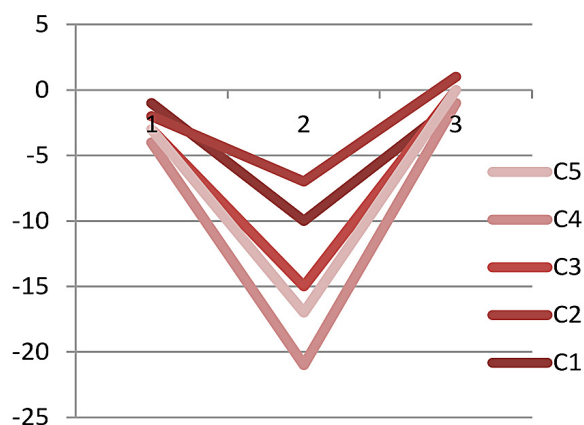
W procesie przygotowania inwestycji budowlanych niezwykle ważne jest opracowanie i przeanalizowanie różnych wariantów rozwiązania. Analiza powinna być przeprowadzona z zastosowaniem wspomaganie matematycznego. Jedną z metod analiz wielokryterialnych jest przedstawiona w artykule metoda wskaźnikowa. Metoda ta różni się od innych tym, że poprzez zastosowanie wartości ujemnych pozwala uwzględnić negatywne skutki inwestycji w większym stopniu niż pozostałe metody. Pomimo jej złożoności, co jest uznawane za największą wadę tej metody, jest ona bardzo przydatna w tego typu analizach. Główne zalety metody wskaźnikowej to możliwość szczegółowej analizy rozpatrywanych wariantów oraz uwzględnienie szerszej skali w ocenie wariantów. W efekcie pozwala odpowiedzieć na pytanie, które elementy decydują o pozytywnej lub negatywnej ocenie końcowej wariantu inwestycji.



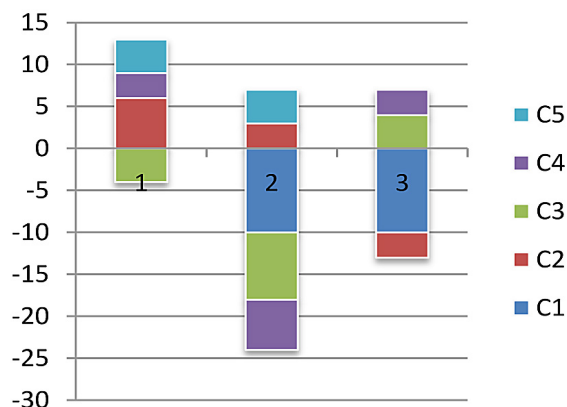
**Rys. 1.** Rozkład ocenianych wartości dla wariantu I  
**Fig. 1.** Distribution of the analyzed values for the variant I



**Rys. 2.** Rozkład ocenianych wartości dla wariantu II  
**Fig. 2.** Distribution of the analyzed values for the variant II



**Rys. 3.** Rozkład ocenianych wartości dla wariantu III  
**Fig. 3.** Distribution of the analyzed values for the variant III



**Rys. 4.** Porównanie analizowanych wartości dla wariantów 1, 2, 3  
**Fig. 4.** Comparison of the analyzed values for variants 1, 2, 3

## REFERENCES

1. Abu Dabous S., Alkass S., 2008. Decision support method for multi-criteria selection of bridge rehabilitation strategy. *Construction Management and Economics*, 26(8).
2. Broniewicz E., Miłaszewski R., Godlewska J., 2009. *Ekonomika i zarządzanie ochroną środowiska dla inżynierów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok.
3. Brown M. A., 2012. Construction management: the management of the development, conservation and improvement of the built environment, *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal* 4(2), 457–460.
4. Dytczak M., 2010. Wybrane metody rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych w budownictwie, *Politechnika Opolska*, Opole.
5. Green Building Basic Information. U.S. Environmental Protection Agency, January 2010.
6. Hurynovich A., 2016. Metoda oceny efektywności projektów inwestycyjnych oczyszczalni ścieków w oparciu o analizę LCC. *Inżynieria Ekologiczna*, 48, 69–73.
7. Marques G., Gourc D., Lauras M., 2011. Multi-criteria performance analysis for decision making In *Project management*, *International Journal of Project Management* 29(8), 1057–1069.
8. Siuta J., 2016a. Jak inżynieria ekologiczna przyczyniła się do kontynuowania budowy i rozwoju elektrowni Opole, *Inżynieria Ekologiczna*, 49, 1–7.
9. Siuta J., 2016b. Istota i zadania inżynierii ekologicznej (ekoinżynierii). *Inżynieria Ekologiczna*, 46, 1–15.
10. Szafranko E., 2013a. Ocena ekspertów w analizach prowadzonych metodą AHP przy wyborze wariantów inwestycji; *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 5, 400–404.
11. Szafranko E., 2013b. Sieć dróg w Polsce – element sieci komunikacyjnej Europy i Regionu Nadbałtyckiego, *Drogownictwo, Miesięcznik Naukowo-Techniczny SIITK nr 5*, 138–142.
12. Szafranko E., 2014. Metody analizy wariantów inwestycji drogowych, *Drogownictwo* 1, 18–25.
13. Szafranko E., 2015. Applicability of the indicator method to evaluation of road building projects, *News in Engineering* 1, 1–7.
14. Zavadskas E.K., Kaklauskas A., Peldschus F., Turkis Z., 2007. Multi-attribute assessment of road design solutions by using the COPRAS method, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 2(4), 195–203.