

## OCENA ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO INWESTYCJI CELU PUBLICZNEGO NA PRZYKŁADZIE REALIZACJI STADIONU

Elżbieta Szafranko<sup>1</sup>, Jolanta Harasymiuk<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 celu publicznego stanowią szczególną grupę wśród inwestycji budowlanych. Są one z reguły dużych rozmiarów a ich budowa warunkowana jest potrzebami społeczności lokalnych. Przepisy narzucają konieczność analizy wariantów tego typu inwestycji oraz uwzględnienie rozwiązań powodujących jak najmniejsze szkody dla środowiska. Analizowany przykład jest obiektem specyficznym, głównie z powodu przebywania na nim w trakcie imprez sportowych jednocześnie bardzo dużych grup ludzi. Procedura przygotowania inwestycji powinna uwzględniać różne warianty lokalizacji oraz rozwiązania konstrukcyjno-projektowe. Ocena wariantów inwestycji przeprowadzona w artykule uwzględnia specyficzną funkcję obiektu, a kryteria stosowane w analizie dotyczą takich zjawisk jak: redukcja zanieczyszczeń i hałasu, strefa oddziaływania na otoczenie, kolizje z elementami środowiska naturalnego oraz możliwość bezpiecznego parkowania dużej liczby samochodów. Ze względu na dużą liczbę czynników uwzględnionych w postępowaniu konieczne jest zastosowanie sprawnych metod wspomagania procesów decyzyjnych. W artykule opisano przykład oceny wariantów z zastosowaniem metod analizy wielokryterialnej. Otrzymany wynik badań potwierdził przydatność proponowanej procedury.

**Słowa kluczowe:** inwestycje celu publicznego, ocena oddziaływania na środowisko, kryteria oceny, metody wielokryterialne

### EVALUATION OF THE IMPACT OF PUBLIC INVESTMENTS ON THE ENVIRONMENT ON THE EXAMPLE OF STADIUM IMPLEMENTATION

#### ABSTRACT

Public purpose investments constitute a special group among the construction investments. They are generally large and their construction is conditioned by the needs of the local communities. The regulations impose the need to analyze variants of this type of investment and to take into account the solutions that cause the low environmental damage. The analyzed example is a specific object, mainly due to the presence of very large groups of people during sporting events. The analysis of the evaluation criteria should cover different location variants as well as design and construction solutions. The assessment of investment variants in this paper takes into account the specific function of the facility, and the criteria used in the analysis concern such phenomena as pollution and noise reduction, environmental impact, collisions with environmental elements, and the ability to safely park a large number of cars. Due to the large number of factors involved in the procedure, it is necessary to employ effective methods of supporting the decision-making processes. The article describes an example of evaluating variants using multicriteria analysis methods. The obtained results confirmed the usefulness of the proposed procedure.

**Keywords:** public purpose investments, environmental impact assessment, evaluation criteria, multi-criteria methods

### WPROWADZENIE

Działalność inwestycyjno-budowlana jest nierozzerwalnie związana z ingerencją w środowisko naturalne. Obiekty budowlane mają różny charakter i ich oddziaływania na otoczenie

są różne. Szczególnie trudne jest właściwe przygotowanie obiektów o dużych rozmiarach oraz takich, które są eksploatowane przez duże grupy użytkowników [Wirkus and Trykosko 2011]. Do tej grupy inwestycji można zaliczyć obiekty użyteczności publicznej. Stanowią one szcze-

gólną grupę ze względu na fakt, że w pewnych okresach pojawia się w nich nawet kilka tysięcy osób. Właściwe przygotowanie takich inwestycji może pozwolić na zmniejszenie negatywnych oddziaływań na środowisko [Witkowski 2011]. Do właściwej oceny konieczne jest zastosowanie sprawnych narzędzi wspomagających proces analizy. Ze względu na dużą liczbę czynników decydujących o ostatecznym kształcie i lokalizacji inwestycji przydatne stają się metody analizy wielokryterialnej [Marques et al. 2011, Szafranko 2014, Szafranko 2015b, Li et al. 2016]

## CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem artykułu jest przybliżenie metod analizy wielokryterialnej oraz pokazanie możliwości ich stosowania przy ocenach oddziaływania na środowisko inwestycji budowlanych. Przykładem, na którym oparto rozważania jest budowa stadionu, dla którego przygotowano dwa warianty lokalizacyjne inwestycji oraz różne rozwiązania koncepcyjne. W sumie powstały cztery warianty realizacji inwestycji oznaczone w rozważaniach symbolami A1, A 2, B1 i B2. Oznaczenia literowe odnoszą się do różnych lokalizacji a cyfry do alternatywnych koncepcji technologiczno-konstrukcyjnych. W wyniku przedstawionego postępowania zostanie wybrane rozwiązanie spełniające w najwyższym stopniu oczekiwania związane z oddziaływaniem na środowisko. Opracowanie obejmuje krótką charakterystykę metodyki badań, opis rozważanego przypadku oraz przebieg badań zakończonych wnioskami.

Wybór zostanie przeprowadzony w oparciu o ustalone kryteria, odnoszące się do realizacji inwestycji oraz późniejszego okresu eksploatacji analizowanych wariantów.

## METODYKA BADAŃ

Podejmowanie decyzji o realizacji inwestycji przy różnorodnych uwarunkowaniach wymaga zastosowania sprawnej metody wspomagania wyboru, pozwalającej z jednej strony na uwzględnienie wszystkich istotnych aspektów, a z drugiej strony określenie wariantu, który pozwoli w najwyższym stopniu je spełnić. Ze względu na mnogość dostępnych sposobów i technik stosowanych do analizy wariantów niejednokrotnie, trudno jest zdecydować jaką procedurą należy się posłużyć,

aby osiągnąć oczekiwany efekt [Błaszczyk and Trzaskalik 2007]. Decydując o zastosowaniu techniki obliczeniowej należy zwrócić uwagę na takie jej cechy jak czytelność i jakość uzyskanych wyników, zastosowany aparat matematyczny, łatwość zastosowania metody i weryfikowania uzyskanych wyników. W literaturze [Dziadosz and Kończak 2016, Szafranko 2015a] opisano wiele metod analizy wielokryterialnej. Możemy znaleźć zarówno narzędzia stosunkowo proste w zastosowaniu np.: metody wagowe, punktowe, jak i techniki o bardziej skomplikowanym aparacie matematycznym: Analiza MCE, AHP, metody wskaźnikowe [Abu Dabous and Alkass 2008, Saty 2014, Książek et al. 2014]. Wszystkie metody tej grupy opierają się na podobnych założeniach a punktem wyjścia jest zdefiniowanie i ocena ważności kryteriów oceny.

Wśród kryteriów służących ocenom można wyróżnić dwie grupy – mierzalne i niemierzalne, często nazywane ilościowymi i jakościowymi. W przypadku tzw. czynników mierzalnych (ilościowych) ocena według danego kryterium jest oczywista. Zarówno jego ważność jak i stopień spełnienia przez oceniane warianty można ocenić na podstawie konkretnych wartości wyrażanych w ogólnie stosowanych jednostkach np. km, zł, sztuki itp. Natomiast ocena kryteriów niemierzalnych (jakościowych), bardzo często występujących w ocenach oddziaływania na środowisko [Brown 2012, Broniewicz et al. 2009, Harasymiuł and Kowalczyk 2012, Siuta 2016], wymaga zastosowania specjalnego podejścia oraz czynności przygotowawczych pozwalających przeprowadzić dalsze postępowanie. W celu uzyskania obiektywnej oceny czynników jakościowych przyjmuje się dwa sposoby postępowania. Jeden to opisowa ocena ważności kryterium, drugi natomiast wymaga przyjęcia liczbowej (punktowej) skali pomiaru. Ocena tej grupy warunków zarówno metodą opisową jak i punktową wymaga udziału ekspertów wyrażających swoje opinie na wskazywany temat [Szafranko 2013]. Opinie ekspertów są podstawą do określenia kryteriów istotnych w dalszym postępowaniu oraz do określenia ich ważności. Stanowiska ekspertów są ustalane przy pomocy ankiet, wywiadów lub sondaży opinii. Oczywiście formularze ankietowe muszą być dostosowane do wybranej metody badawczej i zapewnić uzyskanie danych wyjściowych do dalszych analiz. Wskazaniem do zastosowania metody może być wielkość zbioru czynników uwzględnionych w ocenach, liczba ocenia-

nych wariantów oraz cel, któremu służy analiza. W badaniach naukowych częściej stosowane są bardziej zaawansowane metody, natomiast w praktyce większym powodzeniem cieszą się prostsze sposoby postępowania. We wszystkich metodach punktem wyjścia do dalszych badań jest zbiór informacji, które wymagają przygotowania do dalszych obliczeń, oraz wnikliwa analiza ocenianych wariantów.

## STUDIUM PRZYPADKU

Rozważana inwestycja to budowa stadionu składającego się z boiska piłkarskiego z trawy syntetycznej, przekrycia stadionu (różne warianty), infrastruktury technicznej (oświetlenie stadionu, instalacja nagłaśniająca, monitoring, instalacja wodno-kanalizacyjna, sanitarna oraz elektryczna), budowa szatni i pomieszczeń socjalno-sanitarnych przeznaczonych dla zawodników, ich trenerów oraz całego sztabu szkoleniowego i infrastruktury towarzyszącej (miejsca dla widzów VIP, barów stoiska z pamiątkami dla kibiców, itp.). Inwestycji towarzyszy układ komunikacyjny, parkingi z podziałem na strefy oraz wejścia do obiektu z systemem kontroli biletów i kierowania widzów do odpowiednich sektorów stadionu. Koncepcja eksploatacji stadionu zakłada zarówno użytkowanie czasowe w trakcie trwania masowych imprez okolicznościowych jak i użytkowanie stałe np. treningi. Użytkowanie inwestycji zakłada zatrudnienie personelu w formie stałej (30–80 osób) oraz przebywanie ponad 8000 osób w trakcie odbywania się imprez masowych. Dla inwestycji opracowano w sumie cztery warianty realizacyjne.

### Wariant A

Wariant A obejmuje lokalizację stadionu częściowo na terenach rolnych i nieużytkach. Analizowany teren sąsiaduje bezpośrednio z polami uprawnymi. Strona południowa sąsiaduje z komunikacją kołową oraz ciągiem obiektów garażowych oddalonych o ok. 40 m. Natomiast strona wschodnia graniczy z ciekim wodnym, użytkami rolnymi, zabudowaniami mieszkalnymi oddalonymi od granicy działki o 15–90 m, a od planowanego stadionu o ok. 130 m. Teren planowanego przedsięwzięcia w całości przebiega poza obszarami prawnie chronionymi. Odległość od granicy działki do zbiornika wodnego wynosi

2,7 km. Dodatkowo na całym obszarze inwestycji jak i w bezpośrednim sąsiedztwie nie stwierdzono występowania obiektów rekreacyjnych ani pomników przyrody, co jest ważne przy wyborze lokalizacji przedsięwzięcia. Dla rozważanego terenu charakterystyczne jest występowanie zarosli wierzby, której wycinka będzie nieunikniona w sytuacji podjęcia decyzji o realizacji obiektu. Nie będzie to jednak skutkowało negatywnym wpływem na otaczający krajobraz.

### Wariant B

Wariant B planowanego stadionu przewiduje posadowienie pomiędzy cmentarzem a obszarem leśnym. Obszar sąsiaduje z Parkiem Krajobrazowym i w całości podlega ochronie. Działka od strony północnej graniczy bezpośrednio z obszarem porośniętym drzewami i krzewami, zarosła sięgają nawet 40% terenu rozważanego dla realizacji przedsięwzięcia. Na tym terenie występuje znaczna liczba pomników przyrody i drobnych obiektów zabytkowych. Planowany stadion mierzący ok. 30m wysokości oraz obszerny parking samochodowy mogą przyczynić się do pogorszenia naturalnych cech środowiska przyrodniczego. Konieczne będzie usunięcie drzew i krzewów. Może to wiązać się z trudnościami w uzyskaniu pozwolenia na wycinkę, ze względu na fakt, że obszar leży w obrębie obszaru chronionego.

### Koncepcja konstrukcyjna 1

Koncepcja rozwiązania 1 zakłada fragmentaryczne przekrycie stadionu ograniczające się do zadaszenia trybun. Wariant ten przewiduje parking naziemny przeznaczony dla 200 aut osobowych, 28 autokarów oraz 6 aut przeznaczonych dla służb porządkowych i ratowniczych. Koncepcja zakłada budowę ośmiu budynków parterowych o wysokości 4 m w obszarze wejścia na teren stadionu. W strefie widowni przewidziana jest budowa dwóch zespołów trybun o wysokości 30 m.

### Koncepcja konstrukcyjna 2

Koncepcja 2 obejmuje przekrycie stadionu wraz z obiema trybunami. Rozwiązanie to przewiduje budowę parkingu podziemnego przeznaczonego do jednoczesnego postoju 380 pojazdów osobowych oraz łącznie 47 autokarów wraz z służbami porządkowymi. W strefie wejścia do

obiektu przewidziana jest budowa także ośmiu budynków parterowych o wysokości 4 m. Strefa widowni to zespół dwóch trybun o wysokości 30 m. Ponieważ jest to wariant z całkowitym przekryciem obiektu na zadaszaniu przewidziano budowę boiska piłkarskiego przeznaczonego do celów treningowych.

Układ opracowanych koncepcji można przedstawić jako macierz rozwiązań (rys. 1)

### Analiza opisanych wariantów

Z punktu widzenia wymogów ochrony środowiska wydaje się, że korzystniej wypada wariant pierwszy zarówno w lokalizacji A jak i B. Warianty A1 i B1 charakteryzują się sprawniejszym wietrzeniem powierzchni boiska wraz z trybunami, pozwalają na znacznie lepsze nasłonecznienie całej murawy, umożliwiają redukcję zanieczyszczeń środowiska naturalnego i hałasu. Ze względu na lżejszą konstrukcję zaprojektowano mniejsze fundamenty co w efekcie skutkuje mniejszym oddziaływaniem na podłoże i glebę. Wynika to z proponowanego rozwiązania konstrukcyjnego. Wadą takiego rozwiązania może być to, że w przypadku z góry zaplanowanego terminu imprezy masowej odbywającej się na stadionie, w dzień deszczowy nie będzie możliwości zamknięcia zadaszania. Konieczne będzie również zastosowanie większej liczby ekranów akustycznych redukujących emisję hałasu do otoczenia. Warianty A1 i B1 mogą okazać się bardziej korzystne ekonomicznie, ponieważ ze względu na mniejsze rozmiary budowli wymagają mniejszych nakładów finansowych.

Rozwiązanie A2 i B2 charakteryzuje zdecydowanie większa wysokość obiektu, większa kubatura i powierzchnia zabudowy, co powoduje znacznie większe spodziewane oddziaływanie

	Lokalizacja A	Lokalizacja B
Wariant 1	A1	B1
Wariant 2	A2	B2

Rys. 1. Macierz wariantów  
Fig. 1. Matrix of variants

na środowisko poprzez stałe zacienienie przyległych obszarów zielonych. Zamknięta konstrukcja może być przyczyną problemów z naturalnym wietrzeniem obiektu. Ze względu na gabaryty obiektu spodziewany jest również większy poziom hałasu. Inwestycji towarzyszą również zwiększone koszty budowy związane z zastosowaniem specjalnych fundamentów i masywnej konstrukcji żelbetowej jako przekrycie stadionu.

### PRZEBIEG BADAŃ

Na potrzeby przeprowadzonej analizy określono trzy grupy kryteriów głównych, które pozwolą dokonać wyboru optymalnego rozwiązania. Uwzględniono kryteria: środowiskowe, funkcjonalno-technologiczne i społeczno-ekonomiczne, i oceniono ich ważność.

Dla każdego kryterium ustalono indywidualnie wagę, która wyraża poziom ważności konkretnej grupy w odniesieniu do pozostałych. Oceniając ważność kryteriów oparto się na opiniach ekspertów. Tą samą procedurę przeprowadzono w stosunku do podkryteriów. Po przeprowadzeniu ankiet eksperckich w pierwszej kolejności zostały ustalone wagi dla kryteriów głównych. Wyniki oceny przedstawia tabela 1.

Zgodnie z przewidywaniami kryterium środowiskowe zostało uznane przez ekspertów za najważniejsze. Dlatego też dalszym analizom poddano podkryteria określające szczegółowo oddziaływania środowiskowe. Każdemu z czynników przypisano odpowiednią wagę (tab. 2) w taki sposób, aby ich suma wynosiła 1,0. W tej grupie wyróżniono:

- a1 – warunki lokalizacji inwestycji,
- a2 – kolizje z terenami i obiektami sąsiadującymi,
- a3 – warunki gruntowo – wodne
- a4 – kolizje z elementami przyrody,
- a5 – liczba drzew do wycięcia,
- a6 – spodziewane zmiany w szacie roślinnej,
- a7 – wpływ na świat zwierząt,
- a8 – kolizja z florą i fauną chronioną,
- a9 – oddziaływanie na glebę,
- a10 – emisja zanieczyszczeń,
- a11 – emisja hałasu.

Ocena ważności podkryteriów środowiskowych została przeprowadzona również na podstawie opinii ekspertów. Wyniki oceny przedstawiono w tabeli 2.



**Tabela 1.** Wyniki oceny kryteriów głównych  
**Table 1.** Results of evaluation of the main criteria

Lp.	Kryterium główne	Ocena (waga)
1	Środowiskowe	0,4
2	Funkcjonalno-technologiczne,	0,3
3	Społeczno-ekonomiczne,	0,3
	Suma	1,0

**Tabela 2.** Zestawienie wag dla podkryteriów środowiskowych

**Table 2.** List of weights for the environmental sub-criteria

Lp.	Podkryteria środowiskowe	Ocena (waga)
1	a1 – warunki lokalizacji inwestycji,	0,20
2	a2 – kolizje z terenami i obiektami sąsiadującymi,	0,07
3	a3 – warunki gruntowo – wodne	0,07
4	a4 – kolizje z elementami przyrody,	0,05
5	a5 – liczba drzew do wycięcia,	0,10
6	a6 – spodziewane zmiany w szacie roślinnej,	0,10
7	a7 – wpływ na świat zwierząt,	0,10
8	a8 – kolizja z florą i fauną chronioną,	0,10
9	a9 – oddziaływanie na glebę,	0,09
10	a10 – emisja zanieczyszczeń,	0,07
11	a11 – emisja hałasu.	0,05
	Suma	1,00

## OCENA WARIANTÓW ROZWIĄZANIA

Wszystkie warianty zostały ocenione pod kątem spełnienia określonych kryteriów i podkryteriów. Ocenę przeprowadzono w skali od 1 do 4 punktów. Kierowano się przy tym zasadą: 4 punkty, czyli wartość najwyższą uzyskało rozwiązanie najkorzystniejsze i najbardziej wyróżniające się na tle pozostałych z danej grupy; 1 punkt otrzymał wariant najmniej korzystny z punktu widzenia powodzenia inwestycji. Wariantom, które wykazywały się niewielkimi różnicami z perspektywy analizowanych czynników przypisywano te same wartości.

Następnym krokiem prowadzącym do ostatecznej oceny wariantów było przemnożenie przyznanych punktów przez ustalone we wcześniejszym etapie wagi podkryteriów. Tabele od 3 do 13 zawierają ocenę wariantów z uwzględnieniem ważności podkryteriów i ich spełnienia przez cztery analizowane warianty.

Po zsumowaniu otrzymanych wartości uzyskano końcową ocenę dla każdego z analizowanych wariantów inwestycji. Rozwiązanie, które

otrzymało najwyższą ocenę uznano za optymalne. Na tej podstawie stworzono hierarchię wariantów w porządku od najlepszego do najgorszego. Należy jednak pamiętać, że wagi poszczególnych kryteriów zostały ustalone w sposób subiektywny opierając się na ocenach ekspertów i zależą od ich wiedzy, doświadczenia i preferencji.

## ANALIZA WYNIKÓW

Zestawienie otrzymanych wyników, przedstawione w tabeli 14 pozwala przeanalizować strukturę uzyskanych wyników. Lista obejmuje oceny cząstkowe w grupie kryterium głównego z uwzględnieniem wag w ramach analizowanej grupy oraz przeliczenie udziału tych ocen w całej grupie kryteriów głównych. Podsumowanie przedstawione w tabeli 14 wskazuje, że wariant A1 spełnia w najwyższym stopniu kryteria środowiskowe. Szczegółową ocenę spełnienia podkryteriów przez rozpatrywane warianty przedstawia wykres na rys. 2.

Przedstawiona na rysunku 2 ilustracja pokazuje, że największy wpływ na ocenę mają warunki lokalizacji inwestycji, ewentualna wycinka drzew, oddziaływanie na glebę, florę i faunę chronioną. Analiza potwierdza tendencje związane z zaleceniami wynikającymi z przepisów ochrony środowiska.

Rysunek 3 przedstawia ilustrację oceny końcowej spełnienia kryteriów środowiskowych przez rozpatrywane warianty. Jak łatwo zauważyć najwyższą punktację otrzymał wariant A1 a najniższą B2. Przewaga koncepcji A1 nad pozostałymi wynika głównie z dogodniejszej pod względem budowlanym i prawnym lokalizacji planowanej inwestycji i lżejszej konstrukcji częściowego zadania. Skutkuje to mniejszym wpływem oddziaływania na środowisko przyrodnicze. Koncepcje z całościowym zadaniem powierzchni boiska oraz trybun zostały sklasyfikowane najniżej.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przy analizie wariantów inwestycji celu publicznego konieczne jest uwzględnienie wielu kryteriów. Na pierwsze miejsce w analizach wysuwają się niejednokrotnie czynniki środowiskowe. Analiza wariantów inwestycji na przykładzie budowy stadionu potwierdza, że kryteriami najbardziej wpływającymi na wybór wariantu są

**Tabela 3.** Ocena spełnienia podkryterium a1  
**Table 3.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a1

Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,2	4	0,80
A2		4	0,80
B1		2	0,40
B2		2	0,40

**Tabela 4.** Ocena spełnienia podkryterium a2  
**Table 4.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a2

Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,07	4	0,28
A2		4	0,28
B1		2	0,14
B2		2	0,14

**Tabela 5.** Ocena spełnienia podkryterium a3  
**Table 5.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a3

Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,07	3	0,21
A2		3	0,21
B1		2	0,14
B2		2	0,14

**Tabela 6.** Ocena spełnienia podkryterium a4  
**Table 6.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a4

Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,05	3	0,15
A2		3	0,15
B1		2	0,10
B2		2	0,10

**Tabela 7.** Ocena spełnienia podkryterium a5  
**Table 7.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a5

Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,10	4	0,40
A2		4	0,40
B1		2	0,20
B2		2	0,20

**Tabela 8.** Ocena spełnienia podkryterium a6  
**Table 8.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a6

Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,10	3	0,30
A2		3	0,30
B1		2	0,20
B2		2	0,20

**Tabela 9.** Ocena spełnienia podkryterium a7  
**Table 9.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a7

Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,10	3	0,30
A2		3	0,30
B1		2	0,20
B2		2	0,20

**Tabela 10.** Ocena spełnienia podkryterium a8  
**Table 10.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a8

Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,10	3	0,30
A2		3	0,30
B1		2	0,20
B2		2	0,20

**Tabela 11.** Ocena spełnienia podkryterium a9  
**Table 11.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a9

Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,09	4	0,36
A2		1	0,09
B1		4	0,36
B2		1	0,09

**Tabela 12.** Ocena spełnienia podkryterium a10  
**Table 12.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a10

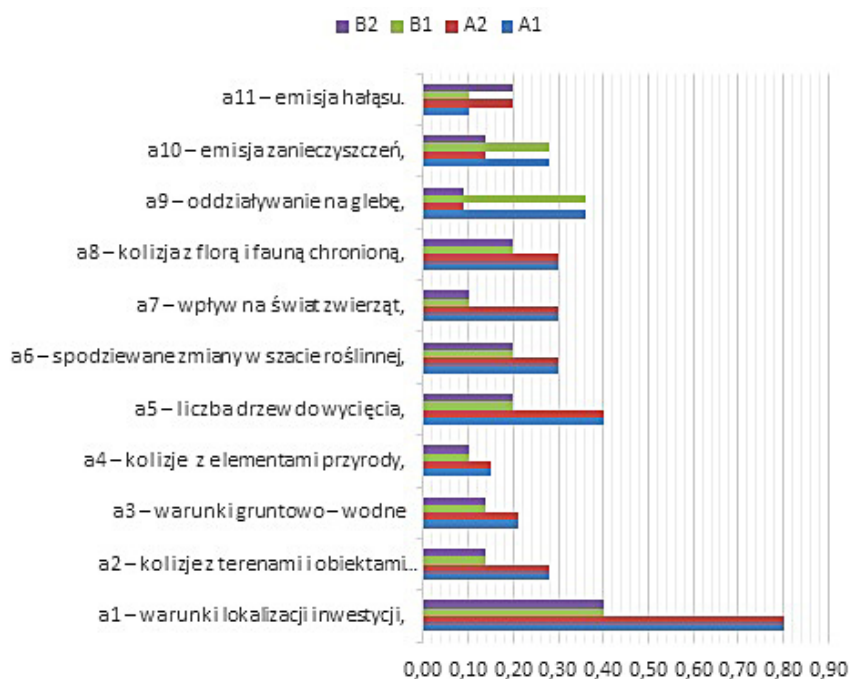
Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,07	4	0,28
A2		2	0,14
B1		4	0,28
B2		2	0,14

**Tabela 13.** Ocena spełnienia podkryterium a11  
**Table 13.** Evaluation of fulfillment of sub-criterion a11

Wariant	Waga	Punkty	Ocena
A1	0,05	2	0,10
A2		4	0,20
B1		2	0,10
B2		4	0,20

**Tabela 14.** Tabela podsumowująca**Table 14.** Summary table

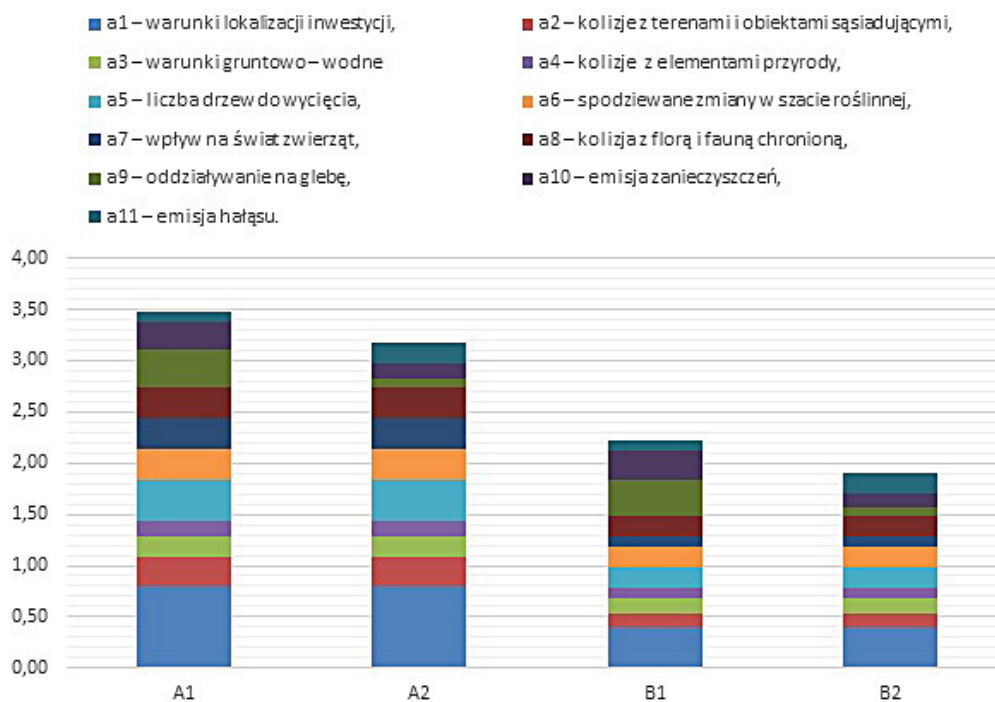
Lp.	Podkryteria środowiskowe	Ocena (waga)	A1	A2	B1	B2
1	a1 – warunki lokalizacji inwestycji	0,20	0,80	0,80	0,40	0,40
2	a2 – kolizje z terenami i obiektami sąsiadującymi	0,07	0,28	0,28	0,14	0,14
3	a3 – warunki gruntowo – wodne	0,07	0,21	0,21	0,14	0,14
4	a4 – kolizje z elementami przyrody	0,05	0,15	0,15	0,10	0,10
5	a5 – liczba drzew do wycięcia	0,10	0,40	0,40	0,20	0,20
6	a6 – spodziewane zmiany w szacie roślinnej	0,10	0,30	0,30	0,20	0,20
7	a7 – wpływ na świat zwierząt	0,10	0,30	0,30	0,10	0,10
8	a8 – kolizja z florą i fauną chronioną	0,10	0,30	0,30	0,20	0,20
9	a9 – oddziaływanie na glebę	0,09	0,36	0,09	0,36	0,09
10	a10 – emisja zanieczyszczeń	0,07	0,28	0,14	0,28	0,14
11	a11 – emisja hałasu	0,05	0,10	0,20	0,10	0,20
Suma punktów oceny w ramach grupy czynników środowiskowych		1,00	3,48	3,17	2,22	1,91
Ocena z uwzględnieniem wagi kryterium głównego		0,40	1,39	1,27	0,89	0,76



**Rys. 2.** Graficzna ilustracja oceny wagowej wariantów A1, A2, B1, B2  
**Fig. 2.** Graphical illustration of weight evaluation of variants A1, A2, B1, B2

czynniki środowiskowe. To one uzyskały najwięcej punktów we wstępnej ocenie ważności kryteriów. Dlatego też w dalszym postępowaniu poddano szczegółowej analizie czynniki znajdujące się w grupie kryterium głównego – środowiskowego. Obejmowały one również aspekt lokalizacyjny, który jest niewątpliwie związany z oceną oddziaływania na otoczenie. To kryterium w dużym stopniu wpłynęło na wysoką ocenę wariantu A1. Również ze względu na specyfikę wybranych warunków lokalizacyjnych ważne okazały się oddziaływania na świat roślin i zwierząt oraz liczba drzew przewidzianych do wycięcia. Oce-

na wariantów planowanego przedsięwzięcia budowlanego pozwala inwestorowi uniknąć wyboru niewłaściwej decyzji i doprowadzić do minimalizacji ryzyka związanego z planowaną inwestycją. Dlatego zaleca się w fazie przygotowania i planowania inwestycji zatrudnienie specjalistów przygotowujących wszechstronne analizy. Przedstawioną w pracy procedurę można wykorzystać do oceny inwestycji celu publicznego a analizy wstępne prowadzące do zdefiniowania kryteriów i podkryteriów pozwalają na rozpoznaje problemów czekających inwestora poprzez dekompozycję procesu decyzyjnego.



Rys. 3. Ocena końcowa spełnienia kryteriów środowiskowych przez analizowane warianty  
 Fig. 3. Final assessment of fulfillment of environmental criteria by analyzed variants

## BIBLIOGRAFIA

- Abu Dabous S., Alkass S. 2008. Decision support method for multi-criteria selection of bridge rehabilitation strategy. *Construction Management and Economics*, 26 (8), 883-893.
- Błaszczak T., Trzaskalik T. 2007. Wielokryterialne planowanie projektów. Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice.
- Broniewicz E., Miłaszewski R., Godlewska J. 2009. *Ekonomia i zarządzanie ochroną środowiska dla inżynierów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok.
- 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.
- Dziadosz A., Kończak A. 2016. Review of selected methods of supporting decision-making process in the construction industry. *Archives of Civil Engineering*, 62(1), 111-126.
- Harasymuk J., Kowalczyk Z. 2012. Wymagania ochrony środowiska w przygotowaniu inwestycji budowlanej. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 3, 55-59.
- Książek M., Nowak P., Rosłon J. 2014. Decision making with use of AHP method in construction. *Czasopismo Techniczne*, 2B, 31-39.
- Li F., Etienne A., Vernadat F., Siadat A. 2016. Multi-criteria performance management methodology for decision support in industrial project selection problems. *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1096-1100.
- Marques G., Gourc D., Lauras M. 2011. Multi-criteria performance analysis for decision making. *Project Management, International Journal of Project Management*, 29(8), 1057-1069.
- Saaty T. 2014. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill. New York.
- Siuta J. 2016. Istota i zadania inżynierii ekologicznej. *Inżynieria Ekologiczna*, 46, 1-15.
- Szafranko E. 2013. Ocena ekspertów w analizach prowadzonych metodą AHP przy wyborze wariantów inwestycji. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 5, 400-404.
- Szafranko E. 2014. Metody analizy wariantów inwestycji drogowych, *Drogownictwo* 1, 18-25.
- Szafranko E. 2015a. Możliwości zastosowania metod analizy wielokryterialnej przy doborze rozwiązań materiałowo-technologicznych w konstrukcjach budowlanych. *Materiały Budowlane*, nr 5, 49-50, DOI:10.15199/33.2015.05.17.
- Szafranko E. 2015b. Methodology of the assessment of investment project variants based on multi-criteria analyses. In: *QUAESTI-Virtual Multidisciplinary Conference (No. 1)*.
- Witkowski K. 2011. Inwestycje infrastrukturalne w realizacji usług publicznych. *Studia Lubuskie*, 7.
- Wirkus M., Trykosko R. 2011. Właściwie przygotowanie przedsięwzięcia budowlanego głównym czynnikiem osiągnięcia jego sukcesu. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 2(3), 407-418.