

# Aplikacyjność i wrażliwość wybranych metod wielokryterialnych przy wyborze sposobu realizacji Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej

Applicability and sensitivity of selected multi-criteria methods for choosing the method of implementing the Szczecin Metropolitan Railway

mgr inż. Krzysztof Kotecki (ORCID: 0009-0009-5360-3896), Politechnika Poznańska,  
dr inż. Agnieszka Dziadosz (ORCID: 0000-0002-2258-4057), Politechnika Wroclawska

DOI: 10.5604/01.3001.0054.6388

**Streszczenie:** Współczesne inwestycje budowlane, w tym inwestycje kolejowe lub drogowe poprzedza szereg analiz warunkujących wybór optymalnego wariantu ich wykonania. Wielokryterialne analizy porównawcze stanowią doskonałe wsparcie procesu podejmowania decyzji wykorzystując zarówno dane ilościowe, jak i jakościowe. Zakres artykułu obejmuje analizę porównawczą przy wykorzystaniu różnych metod wielokryterialnego podejmowania decyzji, m.in. AHP, TOPSIS, COPRAS, VIKOR, PROMETHEE w celu minimalizacji subiektywności ostatecznej oceny rozpatrywanych wariantów. W artykule podjęto próbę uwypuklenia wartości poznawczej wykorzystanych metod i możliwości implementacji wyników w praktyce na przykładzie Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej.

**Słowa kluczowe:** wielokryterialne podejmowanie decyzji, selekcja wariantów rozwiązań, analiza porównawcza, subiektywność ocen, wrażliwość wyników.

**Abstract:** Modern construction investments, including railway or road investments, are preceded by a series of analyzes determining the optimal variant of their implementation. Multi-criteria comparative analyzes provide excellent support for the decision-making process using both quantitative and qualitative data. The scope of the paper includes a comparative analysis using various multi-criteria decision-making methods, including: AHP, TOPSIS, COPRAS, VIKOR, PROMETHEE in order to minimize the subjectivity of the final assessment of the considered variants. The paper attempts to highlight the cognitive value of the methods used and the possibilities of implementing the results in practice based on Szczecin Metropolitan Railway.

**Keywords:** multi-criteria decision-making, selection of solution variants, comparative analysis, subjectivity of assessments, sensitivity of results.

## 1. Wprowadzenie

Umożliwienie wzrostu gospodarczego oraz zmniejszenie negatywnych skutków migracji ludności z mniejszych miejscowości stanowiły podwaliny zintegrowanego systemu transportu publicznego na obszarze aglomeracji szczecińskiej. Jednym z najważniejszych zadań utworzonego stowarzyszenia zrzeszającego 10 gmin było ułatwienie dostępu wszystkim mieszkańcom obszaru aglomeracji do transportu publicznego, a w szczególności transportu kolejowego. W grudniu 2011 roku zdecydowano, że podstawą transportu publicznego stanie się Szczecińska Kolej Metropolitalna (dalej zwana SKM). Studium Wykonalności SKM nakreśliło szereg możliwych wariantów jej wykonania. Charakterystyczną cechą dla tego typu opracowań jest przyjmowanie jednego wariantu bezinwestycyjnego (tzw. wariantu utrzymaniowego) oraz szeregu wariantów inwestycyjnych o zmiennym stopniu skomplikowania, zarówno technicznie,

jak i w kwestiach społecznych (np. wykup gruntów pod przyszłą budowę). Wariant „0” tzw. bezinwestycyjny bazuje na istniejących liniach kolejowych i ich infrastrukturze. Istniejące parametry techniczne i eksploatacyjne mają zostać utrzymane, a dotychczasowa sieć pociągów regionalnych na terenie aglomeracji szczecińskiej ma pozostać niezmienną. Przy zagadnieniach wymagających uwzględnienia wielu kryteriów oraz wielu danych ilościowych i jakościowych doskonałe wsparcie zapewniają metody wielokryterialne, pozwalające kompleksowo rozpatrzeć problem decyzyjny. Takim zagadnieniem jest ocena zaprezentowanych w Studium Wykonalności wariantów wykonania SKM [1–4]. W przypadku metod wielokryterialnych mniej istotne jest podanie dokładnej wartości oceny wariantu, natomiast ważne jest wnikliwe przeanalizowanie oraz uszeregowanie alternatywnych sposobów rozwiązania problemu. Stąd dążenie autorów do pokazania aplikacyjnego charakteru metod wielokryterialnych do praktycznego przykładu.

## 2. Wielokryterialne podejmowanie decyzji w praktyce

Podejmowanie decyzji jest procesem złożonym, wymagającym od decydenta czytelnego zdefiniowania problemu, wyboru odpowiedniej metody, wykonania stosownych kalkulacji zgodnie z założeniami wybranej techniki oraz podjęcie racjonalnej decyzji w oparciu o wynik analizy [5]. W literaturze możemy odnaleźć opis wielu metod wspomagających podejmowanie decyzji zobrazowanych licznymi przykładami [6–10]. Każda z nich angażuje decydenta w różnym zakresie w zależności od stopnia uprzedniego przygotowania danych wejściowych, spełnienia z góry ustalonych założeń oraz wykonania mniej lub bardziej obszernych obliczeń. Zazwyczaj decydent weryfikuje aplikacyjność danej metody i możliwość zaadaptowania jej do problemu. Metody wielokryterialne cechuje znaczna subiektywność oceny wariantów uzależniona od preferencji decydenta, aczkolwiek cecha ta nie umniejsza ich użyteczności. Dążąc do minimalizacji subiektywności ostatecznej oceny rozpatrywanych wariantów autorzy wykorzystali kilka metod, a także szczegółowo przeanalizowali rozpatrywane warianty realizacji SKM. Jest to kluczowy etap wykorzystania wielokryterialnego podejmowania decyzji w problemach inżynierskich [11–14]. Na początkowym etapie Studium Wykonalności wyodrębniono sześć wariantów ponumerowanych od 0 do 5. Niemniej jednak wariant „0” – bezinwestycyjny nie został uwzględniony w dalszych analizach z uwagi na dużą dysproporcję pomiędzy wariantami inwestycyjnymi a wariantem utrzymaniowym. Niemal całkowity brak kosztów zdecydowanie zaburza postrzeganie pozostałych opcji, przedstawiając je z perspektywy kryterium finansowego na zdecydowanie gorszej pozycji. Ponadto zauważalny jest trend uwzględniania w procesie decyzyjnym wielu kryteriów, z których część może wynikać z dużego zaangażowania społecznego w inwestycje publiczne, zaś część z coraz bardziej rygorystycznych przepisów dotyczących ochrony środowiska oraz dostępności dla osób niepełnosprawnych.

## 3. Charakterystyka wariantów rozwiązań realizacji Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej oraz kryteriów oceny

Na bazie Studium Wykonalności Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej wyodrębniono poniższe warianty decyzyjne.

- Wariant „1” rozszerza sieć SKM o linię kolejową nr 406, zakładając jej modernizację na odcinku Szczecin – Police. Wariant ten przewiduje, że pociągi pasażerskie będą obsługiwać Police oraz znaczną część Szczecina. W przeciwieństwie do wariantu „0” przewiduje budowę węzłów przesiadkowych wraz z całym niezbędnym wyposażeniem.
- Wariant „2” zachowuje założenia opcji poprzedniej, dodatkowo zakładając budowę nowej linii, odchodzącej od LK 406 do Osiedla Chemik, z którego to generowany może być

potencjalnie bardzo duży ruch pasażerski. Zmodernizowana w tym wariantcie ma zostać linia kolejowa nr 411, umożliwiając tym samym dojazd do parku technologicznego na obszarze Stargardu. Wariant przedstawiono w dwóch podwariantach, różniących się lokalizacją nowej linii do Polic. Podwariant „2a” zakłada prowadzenie trasy wzdłuż ulicy Józefa Piłsudskiego, a drugi („2b”) okrąży miasto od strony południowej.

- Wariant „3” utrzymując założenia wcześniejszego wariantu, dodatkowo zakłada wydłużenie nowej linii kolejowej poza Osiedle Chemik aż do stacji Police Chemia. Takie rozwiązanie umożliwi (z wykorzystaniem linii nr 431) stworzenie obwodnicy kolejowej Polic.

- Wariant „4” uzupełnia powyższe opcje o budowę nowej linii kolejowej do Portu Lotniczego Szczecin Goleniów. Rozwiązanie to umożliwiłoby łatwiejszą komunikację z lotniska do Szczecina, Świnoujścia i Kołobrzegu.

- Wariant „5”, poza wcześniejszymi rozwiązaniami zakłada budowę nowej linii kolejowej, która stanowić będzie zachodnią obwodnicę kolejową Szczecina. Stanowi to powrót do starego pomysłu, aby przewóz towarów, a zwłaszcza niebezpiecznych substancji chemicznych do zakładów w Policach, odbywał się z ominięciem osiedli mieszkaniowych. Szczegółowej analizie poddano pierwsze dwa warianty inwestycyjne, tj. wariant „1” i „2”, przy czym podwariant „2b” ze względu na znaczące różnice względem podwariantu „2a” przedstawiono jako osobny wariant (któremu przypisano numer „3”) według następujących kryteriów (tab. 1) [15]:

- K1 – koszt szacunkowy budowy infrastruktury kolejowej (mln zł),
- K2 – wykup gruntów (mln zł),
- K3 – liczba pasażerów na przystankach (tys.),
- K4 – powierzchnia infrastruktury towarzyszącej (tys. m<sup>2</sup>),
- K5 – oszczędność kosztów czasu podróży (mln zł),
- K6 – oddziaływanie na środowisko,
- K7 – oszczędność kosztów kontraktów przewozowych (mln zł),
- K8 – oszczędność kosztów wypadków i ich następstw (mln zł).

## 4. Analiza porównawcza wariantów rozwiązań Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej

Kluczowym etapem przy analizach wielokryterialnych jest wyznaczenie wag poszczególnych kryteriów, co zawsze wiąże się z pewnym stopniem subiektywizmu. Dlatego, aby zminimalizować stronniczość przypisania wag, wykorzystano metodę AHP do ich określenia. Na podstawie porównania parami ustalono końcowe wagi, uzyskują wskaźnik zgodności macierzy  $CR < 0,1$ , potwierdzający spójność ocen. W ramach podejścia eksperymentalnego, bazującego na najnowszych technologiach, dokonano porównania uzyskanych analitycznie wartości wag z wagami zaproponowanymi przez moduł sztucznej inteligencji ChatGPT opracowany przez

Tabela 1. Zbiorcze zestawienie kryteriów; źródło: opracowanie własne [15]

Numer kryterium	Nazwa kryterium	Charakterystyka kryterium	Charakter kryterium
K1	Koszt szacunkowy budowy infrastruktury kolejowej	Z ogólnego szacunku kosztów inwestycji postanowiono wyodrębnić koszty budowy infrastruktury kolejowej, co pozwoli spojrzeć na inwestycję pod kątem stricto wykonania niezbędnych robót budowlanych.	Destymulanta
K2	Wykup gruntów	Studium Wykonalności nie podaje wprost wielkości powierzchni, jaką dany wariant zakłada do wykupu, ale udostępnione dane (tj. informacje o szacowanym koszcie wykupu) pozwoliły na uwzględnienie tego kryterium w analizach.	Destymulanta
K3	Liczba pasażerów na przystankach	SKM ma służyć przede wszystkim mieszkańcom, którzy będą korzystać z połączeń kolejowych oferowanych w ramach powstającej sieci. Zatem w badaniu uwzględniono ilość pasażerów, którzy skorzystają z transportu kolejowego na przystankach objętych obszarem aglomeracji szczecińskiej. Jako wartości przyjęto szacowaną dla każdego wariantu sumę pasażerów na wszystkich przystankach.	Stymulanta
K4	Powierzchnia infrastruktury towarzyszącej	W skład infrastruktury towarzyszącej dla SKM zakwalifikowano chodniki, jezdnie, parkingi itp. Obiekty tego typu wymagają ciągłego utrzymania (np. odśnieżanie, dbanie o czystość), co generuje dodatkowe koszty. W artykule przyjęto jako jedno z kryteriów całkowitą powierzchnię infrastruktury towarzyszącej wyrażonej w metrach kwadratowych. Ponieważ powierzchnia ta pełni jedynie funkcję pomocniczą i nie generuje żadnych dodatkowych korzyści, przyjęto jej wielkość jako kryterium malejące.	Destymulanta
K5	Oszczędność kosztów czasu podróży	Ważnym parametrem dla inwestycji mającej usprawnić transport publiczny na danym obszarze jest zmiana kosztów ekonomicznych podróży, niezależnie od przyczyny dla której podróż ta się odbywa (dojazd do pracy lub potrzeby niezawodowe). W Studium Wykonalności dokonano szacunkowych obliczeń tych zmian w odniesieniu do wariantu bezinwestycyjnego, prognoza sięga roku 2047. W celach porównania wariantów przyjęto w niniejszym opracowaniu wartość bieżącą netto powstałych oszczędności.	Stymulanta
K6	Oddziaływanie na środowisko	W przeprowadzonych badaniach utworzono nowy wskaźnik, będący syntezą zapisów dotyczących zmian kosztów środowiskowych na przestrzeni czasu w Studium Wykonalności. Przyjęto punktację w skali 3-1 od najbardziej korzystnego rozwiązania po najmniej korzystne, a następnie pomnożono przyznane punkty przez współczynnik uzyskany poprzez podzielenie zmiany kosztów środowiskowych każdego z wariantów przez najkorzystniejszą wartość tychże zmian. Jako zmianę kosztów środowiskowych przyjęto sumę oszczędności kosztów zanieczyszczeń, hałasu i zmian klimatu.	Stymulanta
K7	Oszczędność kosztów kontraktów przewozowych	W wyniku realizacji inwestycji przewiduje się zmianę kierunków i natężenia ruchu pasażerskiego. Spowoduje to zmiany kosztów kontraktów przewozowych rozumianych jako różnicę kosztów przewozów i przychodów ze sprzedaży biletów. Jako wartość liczbowa do oceny wariantów według tego kryterium przyjęto wartość bieżącą netto oszczędności kosztów kontraktów przewozowych prognozowanych do 2047 roku. Kwoty te traktujemy jako oszczędności, zatem jest to kryterium rosnące.	Stymulanta
K8	Oszczędność kosztów wypadków i ich następstw	Realizacja projektu SKM przyczyni się do zmniejszenia ilości środków transportu indywidualnego na korzyść transportu publicznego. Prowadzi to do zmniejszenia ilości wypadków na drogach, mniejszej ilości rannych i zabitych oraz zmniejszenia kosztów likwidacji szkód powstałych w ich skutek. SW bazując na danych dotyczących wypadków drogowych na omawianym terenie szacuje liczbę wypadków, rannych i zabitych oraz ich społeczny koszt. Następnie porównuje zmiany tych kosztów dla każdego z wariantów. W niniejszej pracy jako wskaźnik ilości wypadków i ich kosztów przyjmuje się wartość bieżącą netto oszczędności kosztu wypadku i ich następstw w prognozie do 2047 roku.	Stymulanta

firmę OpenAI Inc. Sztucznej inteligencji zadano identyczne kryteria oraz polecono określić wagi przyjmując punkt widzenia inwestora. Wykorzystane w dalszych analizach wagi oraz wagi uzyskane przez sztuczną inteligencję przedstawiono w tabeli 2. Kolejny etap to sumaryczne zestawienie poprawnie przygotowanych danych na bazie Studium Wykonalności, które z perspektywy wybranych kryteriów ułatwiło korzystanie z nich podczas kompleksowych dalszych badań (tab. 3). Chcąc zminimalizować subiektywizm,

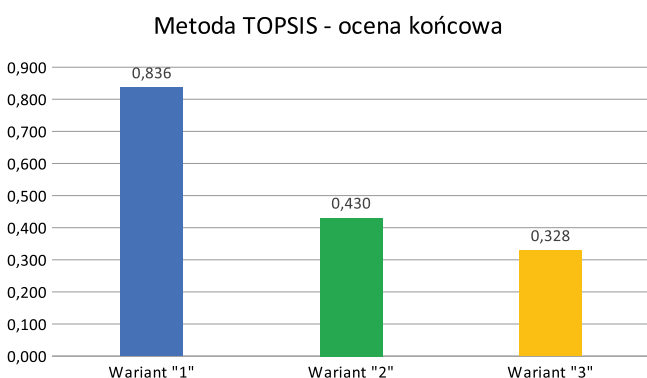
wykorzystano różne metody wielokryterialne, w tym AHP, TOPSIS, COPRAS, VIKOR oraz PROMETHEE. Punkt widzenia inwestora był kluczową perspektywą przy ustalaniu wag kryteriów w każdej z metod. W przypadku jednej z nich wykonano także symulację, przyjmując punkt widzenia podróżnych, co pozwoliło na porównanie wyników w zależności od decydenta. Wynik kalkulacji przeprowadzonej zgodnie z założeniami dla każdej z metod przedstawiono na rysunkach 1, 2 oraz 3 [15].

**Tabela 2.** Wagi kryteriów; źródło: opracowanie własne

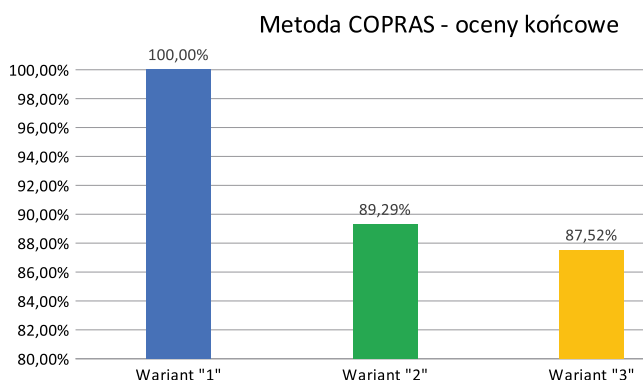
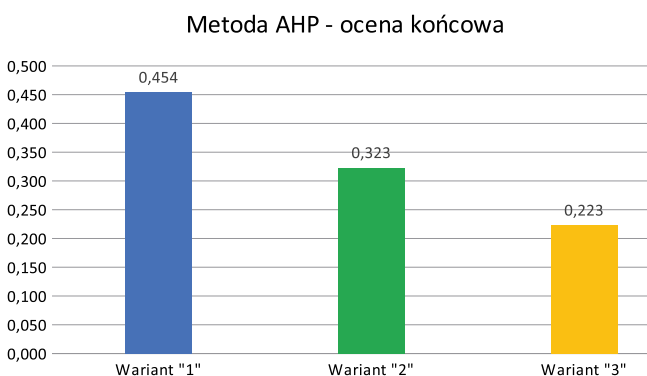
L.p.	Kryterium	Waga wg AHP	Waga wg ChatGPT
1	Koszt szacunkowy budowy infrastruktury kolejowej [mln zł]	0,30	0,30
2	Koszt wykupu gruntów [mln zł]	0,15	0,10
3	Liczba pasażerów na przystankach [tys.]	0,15	0,10
4	Powierzchnia infrastruktury towarzyszącej [tys. m <sup>2</sup> ]	0,05	0,10
5	Oszczędność kosztów podróży [mln zł]	0,05	0,15
6	Oddziaływanie na środowisko [-]	0,10	0,05
7	Oszczędność kosztów kontraktów przewozowych [mln zł]	0,05	0,15
8	Oszczędność kosztów wypadków i ich następstw [mln zł]	0,15	0,05

**Tabela 3.** Zbiorcze zestawienie danych na podstawie Studium Wykonalności; źródło: opracowanie własne

Numer kryterium	Nazwa kryterium	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
K1	Koszt szacunkowy budowy infrastruktury kolejowej [mln zł]	323,3	453,9	385,1
K2	Koszt wykupu gruntów [mln zł]	22,3	28,5	24,5
K3	Liczba pasażerów na przystankach [tys.]	68,5	71,5	61,7
K4	Powierzchnia infrastruktury towarzyszącej [tys. m <sup>2</sup> ]	181,7	192,2	161,6
K5	Oszczędność kosztów podróży [mln zł]	658,7	675,2	606,7
K6	Oddziaływanie na środowisko [-]	2,70	2,00	0,69
K7	Oszczędność kosztów kontraktów przewozowych [mln zł]	59,4	60,0	20,9
K8	Oszczędność kosztów wypadków i ich następstw [mln zł]	136,7	165,7	149,4



Rozwiązanie idealne i antyidealne	Miara odległości rozwiązań	Odległość od rozwiązania idealnego
a1+ = 0.143183	L1+ = 0.0173907	K1=0.835541
a1- = 0.201023	L1- = 0.0883546	K2=0.429781
a2+ = 0.0765426	L2+ = 0.0651089	K3=0.328279
a2- = 0.0978235	L2- = 0.0490734	
a3+ = 0.0919276	L3+ = 0.0707137	
a3- = 0.0793278	L3- = 0.0345587	
a4+ = 0.0260685		
a4- = 0.0310048		
a5+ = 0.0301013		
a5- = 0.0270475		
a6+ = 0.0787132		
a6- = 0.0201156		
a7+ = 0.0344915		
a7- = 0.0120145		
a8+ = 0.0949912		
a8- = 0.0783663		

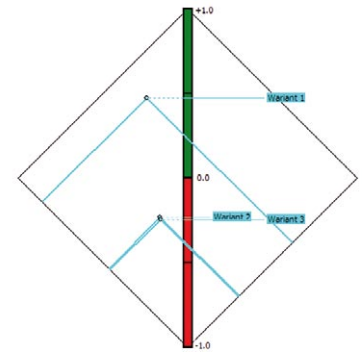
**Rys. 1.** Zbiorcze zestawienie wyników dla wybranych wariantów według metody TOPSIS; źródło: opracowanie własne**Rys. 2.** Zbiorcze zestawienie wyników dla wybranych wariantów dla metody AHP oraz COPRAS; źródło: opracowanie własne

Po zmianie perspektywy przeprowadzono ponownie obliczenia metodą AHP, zakładając punkt widzenia pasażerów jako głównych użytkowników kolejowej sieci aglomeracyjnej. Przyjęto, że dla pasażerów mniej istotny jest koszt budowy infrastruktury kolejowej, za to kluczowa będzie

minimalizacja wykupu gruntów, poprawa bezpieczeństwa na drogach i możliwości obsłużenia dużej ilości podróżnych. Zmiana punktu widzenia znacznie wpłynęła na uzyskane wyniki. O ile wariant „3” nadal można uznać za najmniej korzystny, o tyle wariant „1” i „2” uzyskały niemal identyczne

**Rys. 3.** Zbiorcze zestawienie wyników dla wybranych wariantów dla metody PROMETHEE; źródło: opracowanie własne

Investor	Koszt infrastr...	Wykup grunt...	Ilość pasaze...	Infrastruktur...	Koszty podróży	Oddziaływan...	Koszty prze...	Koszty wyipa...
Jednostka	min zł	min zł	tys.	tys. m2	min zł	min zł	min zł	min zł
Klaster/Grupa								
Preferencje								
Min/Max	min	min	max	min	max	max	max	max
Wagi	0,30	0,15	0,15	0,05	0,05	0,10	0,05	0,15
Funkcja preferencji	Linowa	Linowa	Linowa	Linowa	Linowa	Linowa	Linowa	Linowa
Próg	absolutne	absolutne	absolutne	absolutne	absolutne	absolutne	absolutne	absolutne
- Q: Równowaga	10,00	2,00	2,00	5,00	10,00	0,15	3,00	5,00
- P: Preferencje	50,00	4,00	6,00	20,00	50,00	0,50	10,00	30,00
- S: Gaussowska	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statystyka								
Minimum	323,30	22,30	61,70	161,60	606,70	0,69	20,90	136,70
Maksimum	453,90	28,50	71,50	192,20	675,20	2,70	60,00	165,70
Średnia	387,43	25,10	67,23	178,50	646,87	1,80	46,77	150,60
Oddzielenie standardowe	53,54	2,57	4,10	12,70	29,19	0,83	18,29	11,87
Oceny								
Wariant 1	323,30	22,30	68,50	181,70	658,70	2,70	59,40	136,70
Wariant 2	453,90	28,50	71,50	192,20	675,20	2,00	60,00	165,70
Wariant 3	385,10	24,90	61,70	161,60	606,70	0,69	20,90	149,40



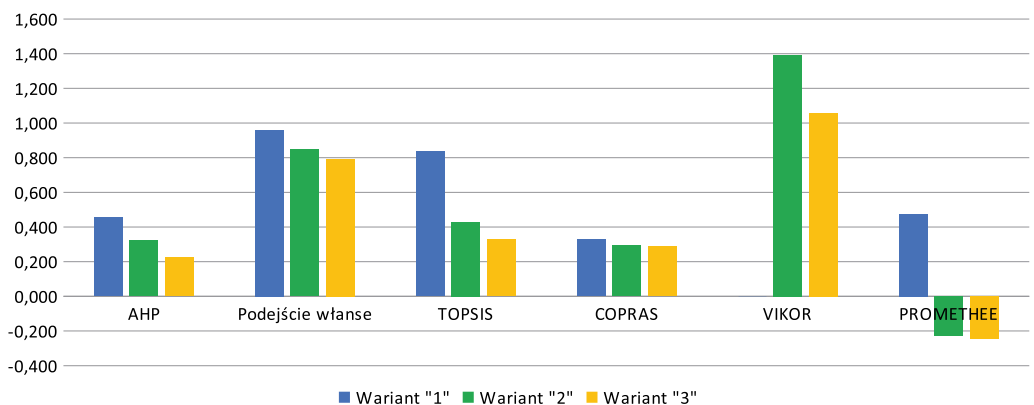
wyniki. Wynika to ze zdecydowanie mniejszego zainteresowania odbiorców kosztami inwestycji, a skupieniu się na bezpośrednich korzyściach wpływających na życie mieszkańców aglomeracji szczecińskiej.

## 5. Dyskusja nad wynikami

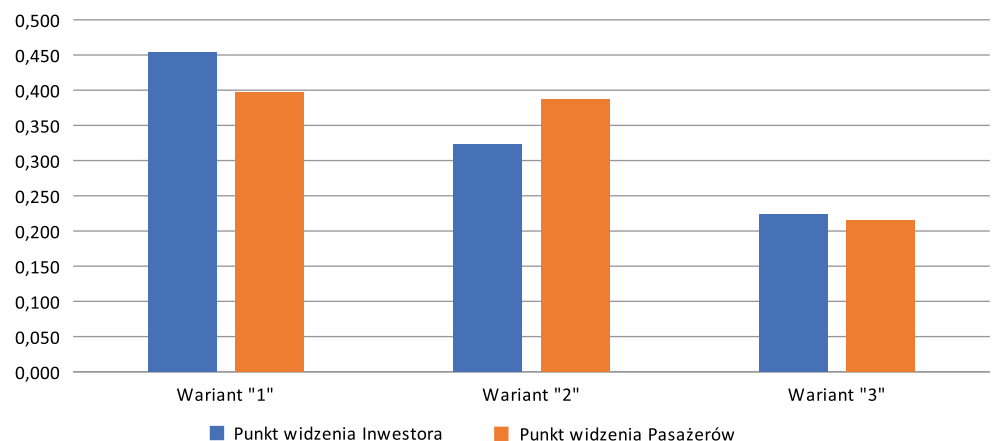
Przeprowadzone analizy wykazały znaczącą przewagę wariantu „1” nad pozostałymi wariantami. Przyjmując punkt widzenia inwestora opcja ta okazała się najlepszym wyborem niezależnie od stosowanej metody. Wpływ na tak silną preferencję tej opcji może mieć kilka czynników. Po pierwsze dość duża różnica w zakresie wykonywanych prac pomiędzy wariantem „1” a „2” i „3”. Z całą pewnością największe znaczenie ma fakt, że wariant „1” wymaga zarówno najmniejszych nakładów finansowych na samą budowę,

jak i niezbędnego wykupu gruntów, wpisując się w główny kierunek warunkujący ostateczną decyzję w postępowaniu. Wyniki pozwalają dostrzec zmianę wielkości różnic pomiędzy preferencjami uzyskanymi przez kolejne warianty w zależności od przyjętej metody analizy. Niemniej jednak istotny jest brak możliwości bezpośredniego porównania tych wyników. Wykorzystane metody bowiem nie zawsze generują wyniki w tej samej skali, za to uszeregowanie wariantów było niemal identyczne. Zestawienie wyników przedstawiono na rysunku 4. Swoistą anomalią wśród uzyskanych wyników jest zajęcie drugiej najkorzystniejszej oceny przez wariant „3” w metodzie VIKOR (w metodzie tej im niższy wynik, tym wariant jest korzystniejszy), co nie miało miejsca w analizach przeprowadzanych innymi metodami, chociaż dystans pomiędzy wariantem „2” i „3” ulegał zwiększeniu lub zmniejszeniu. Wpływ

**Rys. 4.** Zbiorcze zestawienie wyników dla wybranych wariantów według różnych metod wielokriterialnych z perspektywy inwestora; źródło: opracowanie własne



**Rys. 5.** Porównanie wyników w metodzie AHP w zależności od przyjętego punktu widzenia; źródło: opracowanie własne



subiektywnej oceny poszczególnych kryteriów, chociaż minimalizowany poprzez zastosowanie metod wspomagania decyzji, jest niestety nadal istotnym czynnikiem rzutującym na końcową ocenę.

Niezwykle ciekawy efekt uzyskano, symulując wybory preferencji pasażerów. Przy takim podejściu niemal całkowicie znika przewaga wariantu „1”, znacznie za to zyskuje wariant „2”. Stosunkowo niewrażliwy na tak drastyczną zmianę w preferencjach okazał się wariant „3” (rys. 5). Zjawisko to, chociaż na mniejszą skalę, wystąpiło także przy wykorzystaniu metody TOPSIS, ale bez wykorzystania wektora wag. Brak takiej reprezentacji preferencji spowodował znaczny wzrost znaczenia wariantu „2” kosztem oceny wariantu „3”. W tym przypadku natomiast niemal nie zmienił się wynik opcji najwyższej ocenianej.

## 6. Podsumowanie

Reasumując, w świetle uzyskanych wyników można potwierdzić, że zarówno opcja wskazana przez osoby decyzyjne, jak i analiza wielokryterialna wskazują na ten sam wariant „1”, który finalnie został wybrany do realizacji w ramach budowy SKM. Ponadto uzyskane wyniki pozwalają na dostrzeżenie zmiany wielkości różnic pomiędzy preferencjami uzyskanymi przez kolejne warianty w zależności od przyjętej metody analizy. Załączone wykresy są potwierdzeniem, że pomimo ogromnego potencjału wykorzystanych metod stanowiących wsparcie podejmowania decyzji nie zawsze mamy możliwość bezpośredniego porównania uzyskanych wyników, ponieważ otrzymujemy je w różnej skali. Natomiast rzetelne przygotowanie danych, poprawna ich normalizacja, wnikliwa weryfikacja wariantów oraz kryteriów oceny pozwoliły na jednakowe uszeregowanie rozpatrywanych sposobów realizacji SKM. Ponadto przeprowadzone analizy wykazały, że wartość wyniku nie wskazuje bezpośrednio, o ile dany wariant jest lepszy od pozostałych, natomiast zapewnia hierarchiczne ich uszeregowanie od najlepszego do najgorszego. Zauważalny jest wpływ wagi kosztów inwestycji na wynik końcowy (tj. wrażliwość ostatecznej oceny). Po zmniejszeniu wagi tego kryterium (metoda AHP, podejście z punktu widzenia pasażerów) lub po rezygnacji z korzystania z wag (alternatywne podejście metodą TOPSIS) można zaobserwować wyraźną utratę przewagi tego wariantu. Tak duża jednorodność wyników przy wykorzystaniu szerokiego wachlarza metod może świadczyć o (celowym lub nie) skonstruowaniu wariantów inwestycyjnych w sposób skokowy, a nie liniowo narastający, co doprowadziło do wykreowania wyraźnie preferowanego wariantu.

Drobne dostrzeżone niuanse nie umniejszają roli wykorzystanych metod jako doskonałego wsparcia w podejmowaniu decyzji, zapewniając dodatkowe argumenty oraz pozwalając rozpatrzyć daną opcję wielowymiarowo poprzez uwzględnienie różnej kategorii kryteriów od finansowych, społecznych, logistycznych po środowiskowe.

Temat i zakres artykułu należy traktować jako przyczynek do rozważań nad rolą decydenta (preferencji) w procesie podejmowania decyzji oraz jego wpływie na ostateczny wynik począwszy od wyboru kryteriów, ustalania wag – po ostateczną ocenę, wykorzystując jedną z technik wspomagających proces decyzyjny.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Studium Wykonalności Szczecińska Kolej Metropolitalna, Etap I: Prognozy społeczno-gospodarcze i analiza rynku usług transportowych, Stowarzyszenie Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego, materiał dostępny na stronie <http://skm.szczecin.pl/index.php/o-projeckcie/dokumenty> (data pobrania: 2023.04.04)
- [2] Studium Wykonalności Szczecińska Kolej Metropolitalna, Etap IV: Analizy techniczne modernizacji i budowy linii wraz z oszacowaniem kosztów, Stowarzyszenie Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego, materiał dostępny na stronie <http://skm.szczecin.pl/index.php/o-projeckcie/dokumenty> (data pobrania: 2023.04.04)
- [3] Studium Wykonalności Szczecińska Kolej Metropolitalna, Etap V: Prognoza oddziaływania na środowisko, Stowarzyszenie Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego, materiał dostępny na stronie <http://skm.szczecin.pl/index.php/o-projeckcie/dokumenty> (data pobrania: 2023.04.04)
- [4] Studium Wykonalności Szczecińska Kolej Metropolitalna, Etap VI Analiza CBA i wybór opcji, Stowarzyszenie Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego, materiał dostępny na stronie <http://skm.szczecin.pl/index.php/o-projeckcie/dokumenty> (data pobrania: 2023.04.04)
- [5] Dziadosz A., Krakowski R., Meszek W., Rola decydenta oraz użyteczność wybranych metod wielokryterialnych przy wyborze lokalizacji inwestycji mieszkaniowej, [w:] Wybrane problemy naukowe budownictwa, rozdział w monografii, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2020, str. 148–164
- [6] Dziadosz A., Baczyński K., Rejment M., Wieczorek D., Wielokryterialna analiza porównawcza wybranych rozwiązań naprawczych jednorodzinnego budynku mieszkalnego, Materiały Budowlane 10/2022, str. 49–52, doi: 10.15199/33.2022.10.12
- [7] Szafranko E. H., Application of multi-criterial analytical methods for ranking environmental criteria in an assessment of a development project. *Journal of Ecological Engineering* 18(5)2017, str. 151–159, doi:10.12911/22998993/75761
- [8] Jończyk A., Zima K., Analysis of solutions for exterior walls in the BIM model using the AHP method, *Czasopismo Techniczne, Budownictwo Zeszyt 4-B (28)2015*, str. 175–183, doi: 10.4467/2353737XCT.15.391.5022
- [9] Nowotarski P., Pasławski J., Dallasega P., Multi-criteria assessment of lean management tools selection in construction, *Archives of Civil Engineering* tom 67, 1/2021, str. 711–726, doi: 10.24425/ace.2021.136498
- [10] Radziszewska-Zielina E., Kania E., Śladowski G., Problems of the selection of construction technology for structures in the centres of urban agglomerations, *Archives of Civil Engineering* 64.1 (2018), str. 55–71, doi: 10.2478/ace-2018-0004
- [11] Zavadskas E. K., Antuchevičienė J., Kapliński O., Multi-criteria decision making in civil engineering: Part I—a state-of-the-art survey, *Engineering Structures and Technologies* 7(3)2015, str. 103–113, doi:10.3846/2029882X.2015.1143204
- [12] Zavadskas E. K., Antuchevičienė J., Kapliński O., Multi-criteria decision making in civil engineering. Part II—applications. *Engineering Structures and Technologies* 7(4)2015, str. 151–167, doi: 10.3846/2029882X.2016.1139664
- [13] Szóstak M., Konior J., Sawicki M., Technology and Management Applied in Construction Engineering Projects. *Applied Sciences* 12(22)2022, str. 11823, doi: 10.3390/app122211823
- [14] Trzskalik T., Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Metody i zastosowania, PWE, Warszawa, 2014
- [15] Kotecki K., Wielokryterialna analiza porównawcza sposobów realizacji Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej, praca dyplomowa, Politechnika Poznańska, 2023