

Marcin Kiciński, Maciej Bieńczyk, Szymon Fierek

Wykorzystanie metody wspomaganie decyzji do oceny rozwiązań układu drogowego na przykładzie Gniezna

JEL: O18 DOI: 10.24136/atest.2018.554
Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule przedstawiono przykład wykorzystania jednej z metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji do oceny potencjalnych rozwiązań (wariantów) systemu transportowego w związku z występowaniem ograniczeń przepustowości układu drogowego w rejonie ulic Cienista i Gajowa w Gnieźnie. Autorzy przedstawili główne etapy realizacji prac związanych z analizą sytuacji decyzyjnej, budową wariantów, identyfikacją interesariuszy. Z wykorzystaniem eksperckiego modelu preferencji oraz metody Electre III wykonano ranking finalny.

Słowa kluczowe: system transportowy, Electre III, układ drogowy, wielokryterialne wspomaganie decyzji

Wprowadzenie

Podjęcie decyzji wszelkich inwestycyjnych, w tym dotyczących infrastruktury transportowej, wiąże się ściśle z koniecznością uwzględnienia wielu aspektów zarówno o charakterze technicznym, jak i ekonomicznym czy też społecznym [6, 16]. Z tego też względu przy rozwiązywaniu tego rodzaju problemów często wykorzystuje się metodykę wielokryterialnego wspomaganie decyzji, która pozwala na uwzględnienie szeregu, często przeciwstawnych punktów widzenia [10, 11, 13, 15,]. Nie bez znaczenia ma fakt, iż przebudowa układu drogowego wiąże się z polityką partycypacji oceny miejskich projektów transportowych [18] oraz może wpływać na wykluczenie transportowe [1, 17].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie przykładowego podejścia do problemu potencjalnej przebudowy układu drogowego, w związku z występowaniem utrudnień w transporcie samochodowym na wybranych przejazdach kolejowo-drogowych w Gnieźnie.

1 Identyfikacja obszaru układu transportowego

1.1 Charakterystyka analizowanego obszaru

Obszar analizy i zaproponowanych w dalszej części artykułu potencjalnych rozwiązań został ograniczony do terenu obejmującego zarówno miasto Gniezno (gmina miejska – GM), jak i Gminę Gniezno (gmina wiejska – GW), a dokładniej południowo-zachodnią część Powiatu Gnieźnieńskiego (PG) przedstawioną na rys. 1.

Na rozważanym (analizowanym) obszarze występują dwa, oddalone od siebie o ok. 50 m, przejazdy kolejowo-drogowe (I i II) odpowiednio na liniach kolejowych:

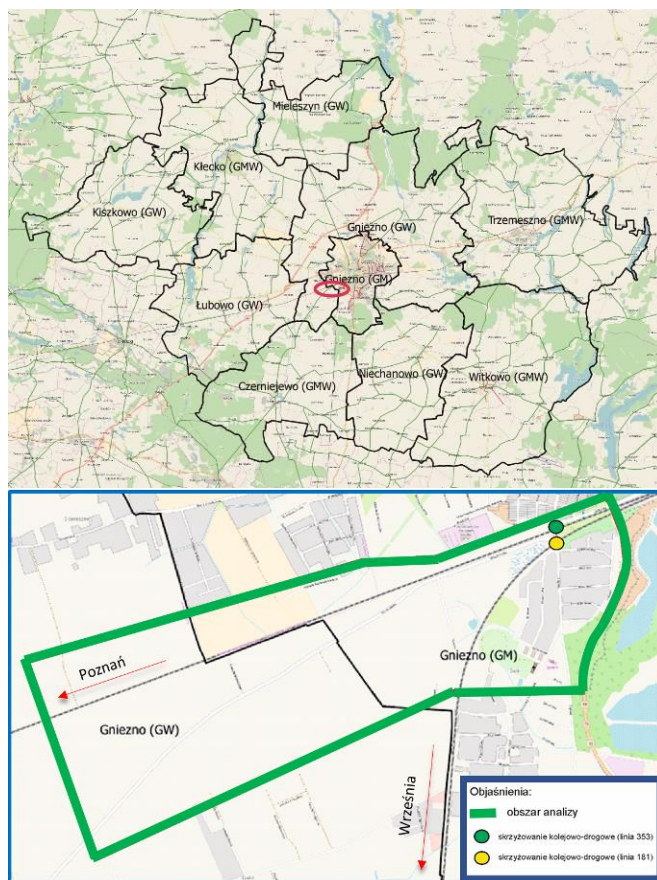
- nr 353 (43,141 km) relacji Poznań Wschód – Skandawa,
- nr 281 (158,481 km) relacji Oleśnica – Chojnice.

Oba przejazdy zaliczane są do kategorii A co oznacza, że ruch drogowy na nich, zgodnie z obowiązującymi przepisami [7], kierowany musi być:

- przez uprawnionych pracowników zarządcy kolei lub przewoźnika kolejowego, posiadających wymagane kwalifikacje;
- przy pomocy sygnałów ręcznych albo systemów lub urządzeń przejazdowych wyposażonych w rogatek zamykające całą szerokość jezdnii.

W rozważanych przypadkach zarządcą przejazdów jest PKP Polskie Linie Kolejowe S.A (PLK S.A.).

W tab. 1 zestawiono informacje nt. odcinków linii kolejowych 353 oraz 281 krzyżującymi się z utwardzonymi drogami publicznymi na analizowanym obszarze.



Rys. 1. Rozważany obszar analizy miasta Gniezno (GM) oraz gminy Gniezno (GW)

Biorąc pod uwagę położenie geograficzne analizowanego obszaru, to jest on punktem tranzytowym mieszkańców Gminy i Miasta Czarniejewo podróżujących z lub do Gniezno drogą powiatową 2152P. Odległość ta wynosi niecałe 15 km, a czas dojazdu waha się od ok. 15 do ok. 30 min i jest on uzależniony od:

- dnia tygodnia oraz pory dnia (w czasie szczytu komunikacyjnego czas maleje),
- czasów podniesienia rogatek głównie przejeździe kolejowo-drogowym nr I (na linii kolejowej 353).

W przypadku mieszkańców miasta Gniezno, a dokładniej osiedla Dalki (rejon ul. Gajowej) dodatkowe ograniczenie dostępności jest związane z drugim z w/w przejazdów kolejowo-drogowych. Ze względu na mniejsze wykorzystanie linii 281 na potrzeby realizowanych przewozów uciążliwości zamknięcia rogatek są mniejsze. Mimo, że w czasie wykonywania analizy linia ta wykorzystywana była jedynie przez składy towarowe pociąg-

gów, to autorzy uwzględniali przywrócenie na niej ruchu pasażerskiego.

Przeprowadzone w 2016 r. przez PZD w Gnieźnie pomiary natężenia ruchu wykazały, że [2]:

- średni dobowy ruch na przejeździe kolejowo-drogowym linii kolejowej 353 z drogą powiatową 2152P wahał się między 6000, a 7000 poj./dobę; przez większą część doby (13–14 godzin) utrzymuje się ruch na poziomie ponad 300 poj./godz.).
- średni dobowy ruch na przejeździe kolejowo-drogowym linii kolejowej 281 z drogą powiatową 2302P wahał się między 3000, a 4000 poj./dobę (przez znaczną część dnia oscyluje w okolicach 200 poj./godz.).

1.2 Potencjał analizowanego obszaru

Jak wspomniano wcześniej obszar analizy mimo, że dotyczy wskazanego na rys. 1. obszaru, to jednak z uwagi na oddziaływanie potencjalnych zmian konieczne jest uwzględnienie w uwarunkowaniach społeczno-gospodarczego większego obszaru. Analizowany obszar położony jest w odległości :

- od stolicy Wielkopolski – Poznania: od 50 do 60 km w zależności od przyjętej drogi samochodowej czy kolejowej,
- od sąsiadujących miast powiatowych (droga samochodowa): Wrześni 24 km, Słupcy 38 km, Wągrowca 44 km, Żnina 42 km oraz Mogilna 35 km.

Atrakcyjne położenie geograficzne regionu (Powiatu Gnieźnieńskiego) przekłada się na rozkład przestrzenny ruchu w podróży ponadpowiatowych (tj. z przekroczeniem granicy powiatu), które szczegółowo opisano w Planie zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Województwa Wielkopolskiego [12]. Z niniejszego dokumentu wynika, że najczęściej wykonywanych podróży przez mieszkańców PG jest w relacji Gniezno-Poznań. Oprócz tego należy mieć na uwadze fakt, że powstanie we Wrześni zakładu VW wpłynęło na wielkość realizowanych podróży związanych z pracą.

Z kolei jeśli brać pod uwagę podróże w obrębie Powiatu Gnieźnieńskiego (patrz [8]), to główny kierunek ciężenia skierowany jest do miasta powiatowego – Gniezna. Biorąc pod uwagę analizowany obszar, to dotyczy to głównie podróży: GMW Czarniejewo – GM Gniezno oraz GW Gniezno – GM Gniezno.

Rozważając analizowany obszar pod względem jego potencjału położenia geograficznego, to jest to obszar o stosunkowo znacznie mniejszej gęstości zaludnienia (przykładowo miasto Gniezno to ok. 1700 os./km², a pozostałe gminy Powiatu Gnieźnieńskiego nie więcej niż 90 os./km²). Podobnie jednak jak w przypadku Poznania czy innych miastach, w PG notuje się spadek liczby mieszkańców Miasta Gniezno, przy jednoczesnym jej wzroście na obszarach

znajdujących się w sąsiedztwie w/w miasta. Oznacza to występowanie procesów suburbanizacyjnych.

Porównując poszczególne lata 2013-2016, to na wybranych obszarach liczba mieszkańców Sołectw: Dalki, Mnichowo oraz Skierszewo wyraźnie wzrosła. Analizując ogólne tendencje dla Powiatu Gnieźnieńskiego (patrz PTPG [8]) Jest duże prawdopodobieństwo, że ta tendencja będzie się utrzymywać w najbliższych latach. Rozwój tego regionu potwierdzają także dane nt. powierzchni budynków mieszkalnych.

Z kolei w przypadku podmiotów gospodarczych zarejestrowanych na obszarze opisywanych sołectw, to rozkład ten jest odmienny. Otóż na terenie sołectwa położonego po stronie północnej od linii kolejowej 353, tj. Skierszewa zdecydowanie więcej zarejestrowanych jest podmiotów gospodarczych w porównaniu ze sołectwami: Dalki oraz Mnichowo. Najprawdopodobniej przyczyną tego jest korzystniejsze położenie Skierszewa względem DK 5 w porównaniu ze sołectwami Dalki i Mnichowo oraz znacznie mniejsza uciążliwość związana z przebiegiem linii kolejowych zarówno 353, jak i 281.

Oprócz mieszkańców obszarów wiejskich w analizowanym rejonie zamieszkuje spora część mieszkańców Miasta Gniezna, która wynosi ok. 4 tys. osób [2].

1.3 Uzasadnienie wprowadzenia zmian

Rozpatrywane na obszarze analizy przejazdu kolejowo-drogowe pełnią kluczową rolę w systemie transportowym zarówno Miasta Gniezno (GM), Gminy Gniezno (GW) oraz w naturalny sposób Powiatu Gnieźnieńskiego. Dotyczy to:

- transportu drogowego (rowery, motorowery, motocykle, samochody osobowe, samochody ciężarowe, autobusy, maszyny robocze itp.),
- ruchu pieszo.

Naturalną konsekwencją obecnie występującego układu drogowego jest fakt, że oddziałuje na niego transport szynowy (kolejowy) zarówno pasażerski, jak i towarowy.

Ze względu na fakt, iż na analizowanym obszarze nie przeprowadzono kompleksowych badań ruchu (KBR), poza tymi związanymi z opracowywaniem modelu ruchu dla Województwa Wielkopolskiego [12] identyfikację potrzeb odbiorców rezultatów zmian układu drogowego oparto na dostępnych dokumentach z jednostek samorządu terytorialnego, wynikach pomiarów ruchu, jak również danych z PKP PLK S.A. I tak, w przypadku analizowanych przejazdów (I i II), na podstawie wyników pomiaru ruchu można stwierdzić, że w ciągu doby korzystają z nich głównie kierowcy samochodów osobowych, odpowiednio:

- Przejazd I (droga 2152P) – ok. 78 % przejeżdżających to samo-

Tab. 1. Informacje na temat odcinków linii kolejowych 353 oraz 281 krzyżującymi się z drogami publicznymi (przejazdy kolejowo-drogowe I i II) zlokalizowanych na analizowanym obszarze (opracowanie własne z wykorzystaniem danych z [2])

Lp.	Opis / charakterystyka	Linia kolejowa nr 353	Linia kolejowa nr 281
1	Przeznaczenie linii	Pasażersko-towarowe	Pasażersko-towarowe
2	Rodzaj realizowanych obecnie przewozów	Pasażerskie, Towarowe	Towarowe*
3	Docelowy rodzaj realizowanych przewozów	Pasażerskie, Towarowe	Pasażerskie, Towarowe
4	Rodzaj trakcji	Elektryczna	Elektryczna
5	Liczba torów [szt.]	2	2
6	Kategoria linii	Pierwszorzędna	Pierwszorzędna
7	Status linii	O znaczeniu państwowym	Pozostała
8	Prędkość maksymalna [km/h]: autobusy szynowe i EZT** tor N/tor P*** pociągi towarowe: tor N/tor P składy wagonowe: tor N/tor P	160/160 80/80 160/160	120/100 80/80 120/100
9	Wykorzystanie linii kolejowej [%]: aktualne**** tor N/tor P w 2016 r.***** tor N/tor P	49/43 50/38	14/15 6/8

(*) – wg stanu na październik 2018 realizowane są także przewozy pasażerski; (**) EZT – elektryczne zespoły trakcyjne; (***) N – tor nieparzysty, P – tor parzysty; (****) dzień obliczeniowy 15.12.2017 r.; (*****) – przykładowy dzień przed wprowadzeniem rozpoczęciem modernizacji linii Warszawa-Poznań: stan na 29.01.2016 r.

chody osobowe.

- Przejazd II (droga 2302P) – ok. 75 % przejeżdżających to samochody osobowe.

Należy jednak zaznaczyć, że większość pojazdów, która przejeżdża przez przejazd II, korzysta także z I.

Z kolei ruch pojazdów o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 3,5 jest zdecydowanie większy na przejeździe I. We wspomnianych wcześniej pomiarach na przejeździe I zarejestrowano średnio 140 poj./dobę, a na II o prawie 100 mniej.

Wśród uczestników ruchu wyodrębniono także rowerzystów ich liczba w ciągu doby w 2016 r. nie wahała się w okolicach 600 rowerzystów/dobę (przejazd I) oraz 500 rowerzystów/dobę (przejazd II). Takie wielkości ruchu mogą świadczyć o tym, iż większość tych uczestników ruchu dojeżdża z rejonu ul. Gajowej.

Biorąc pod uwagę dotychczasowe zebrane informacje należy spodziewać się w kolejnych latach wzrostu natężenia ruchu, głównie samochodów osobowych oraz ruchu rowerowego, który związany będzie z procesami suburbanizacyjnymi rejonu. Naturalną konsekwencją będzie zmiana ruchu autobusowego związanego m.in. zapisami Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Powiatu Gnieźnieńskiego [8]. W przypadku wprowadzenia zmian rozwiązań układu drogowego w analizowanym rejonie występuje duże prawdopodobieństwo zmniejszenia natężenia ruchu na wybranych odcinkach obecnych dróg powiatowych 2152P oraz 2302P z uwagi na zmiany zachowań (zmiana drogi, środka transportu) podróżujących osób.

Należy podkreślić, że w Powiecie Gnieźnieńskim można zaobserwować zjawiska, do których zaliczyć można:

- Występująca coraz częściej kongestia na drogach położonych na obrzeżach Miasta Gniezna.
- Pogorszenie się bezpieczeństwa drogowego ze względu na wzrost natężenia ruchu pojazdów samochodowych także na drogach powiatowych oraz niedostosowania ich do ruchu rowerowego.
- Problem za znalezieniem miejsca postojowego dla samochodu w centrum miasta.
- Zagrożenia związane z oddziaływaniem transportu na środowisko naturalne (np. hałas czy zanieczyszczenie powietrza).

Mając na uwadze kierunki zmian zagospodarowania przestrzennego w kontekście wzrostu uciążliwości wymienionych zjawisk wprowadzenie zmian w analizowanym rejonie powinno się rozważyć.

2 Problem decyzyjny

2.1 Interesariusze problemu

W zagadnieniach oceny proponowanych wariantów zmiany układu drogowego na analizowanym obszarze, niezbędne jest zdefiniowanie uczestników procesu decyzyjnego [6,16]. Wybór wariantu inwestycyjnego, będącego rozwiązaniem kompromisowym, zgodnie z metodyką WWD winien uwzględniać interesy poszczególnych interesariuszy (decydenta oraz interwenientów), które często są wzajemnie sprzeczne.

Na podstawie doświadczeń autorów przy realizacji tego rodzaju opracowań oraz analizy istniejącego rozwiązania układu transportowego interesariuszami są:

1. Decydenci:
 - PKP PLK S.A., jako zarządca infrastruktury kolejowej zlokalizowanej na analizowanym obszarze,
 - Starostwo Powiatowe w Gnieźnie (poprzez Zarząd Dróg Powiatowych w Gnieźnie), jako zarządca infrastruktury drogowej w analizowanym rejonie,
 - Urząd Gminy w Gnieźnie, jako zarządca infrastruktury drogowej w analizowanym rejonie,

- Urząd Miejski w Gnieźnie, jako zarządca infrastruktury drogowej w analizowanym rejonie.

2. Interwenienci:

- Użytkownicy dróg analizowanego rejonu: kierowcy, pasażerowie transportu zbiorowego, rowerzyści oraz piesi.
- Mieszkańcy bezpośrednich okolic analizowanego układu drogowego. Osoby te, oprócz korzystania z ewentualnych zmian, jako użytkownicy, narażeni są także na negatywne oddziaływanie ruchu samochodowego, w tym emisję hałasu oraz zanieczyszczeń powietrza. Jednak trzeba mieć na uwadze fakt, iż obecnie emisja hałasu związana jest także z prowadzonym ruchem pojazdów kolejowych na liniach 353 i 281.
- Przedsiębiorstwa (podmioty gospodarcze) zlokalizowane na analizowanym obszarze oraz w bezpośrednim jego sąsiedztwie.
- Przewoźnicy kolejowi realizujący przewozy zarówno pasażerskie, jak i towarowe na liniach 181 i 353.
- Organizatorzy oraz przedsiębiorstwa publicznego transportu zbiorowego korzystające z infrastruktury drogowej na analizowanym obszarze.
- Mieszkańcy gmin ościennych np. Łubowo, Czarniejewo.

Należy podkreślić, że jedna osoba może być interesariuszem mieszkańcem bezpośredniej okolicy, jak również osoby korzystającej z publicznego transportu zbiorowego, czy też transportu indywidualnego.

2.2 Definicja problemu decyzyjnego oraz dobór metody

Rozpatrywany w ramach niniejszego artykułu problem decyzyjny sformułowany jako zagadnienie szeregowania skończonej liczby wariantów przybudowy układu drogowo-kolejowego. Warianty te poddane zostaną ocenie spójną rodziną kryteriów, a następnie z wykorzystaniem metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji – Electre III [9] zostanie przeprowadzony ranking finalny. Metodę cechuje [11]:

- Precyzyjne modelowanie preferencji decydenta.
- Preferencje względem wariantów wyrażone są względem każdego kryterium.
- Wartość każdego prognozy może być wyrażana jako wielkość stała lub proporcjonalna względem wartości każdego kryterium.
- Model preferencji decydenta zawiera wagi kryteriów oraz różne progi, tj.: równoważności, preferencji oraz weta, dając możliwość ujęcia i zdefiniowania szerokiego spektrum preferencji.
- W trakcie modelowania i prowadzenia eksperymentów obliczeniowych wykorzystywane są rzeczywiste wartości ocen kryterialnych, co eliminuje ryzyko popełnienia błędów podczas przekształcania danych i wpływa na zwiększenie wiarygodności uzyskanych rezultatów.
- Łatwość zastosowania metody potwierdzona jej szerokim wykorzystaniem w praktyce.

Szereg praktycznych zastosowań metody Electre III można znaleźć w pracach autorów niniejszego artykułu [4, 6].

2.3 Warianty rozwiązań

W analizie wzięto pod uwagę 4 warianty obejmujące: W0 – stan istniejący oraz W1, W2 i W3 – propozycje zmian. Przy konstruowaniu nowych wariantów wzięto pod uwagę 10 warunków:

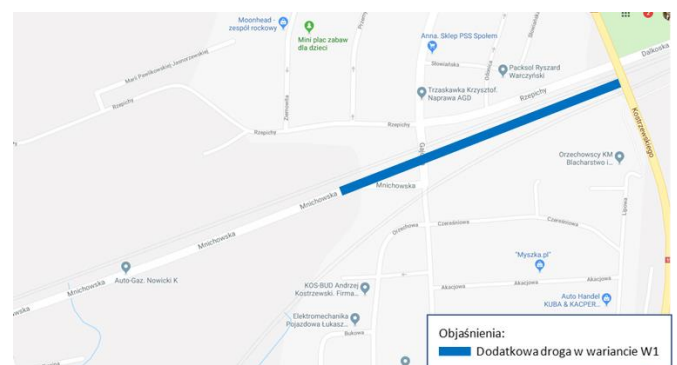
- Likwidacja przejazdu kolejowo-drogowego na linii kolejowej 353. Warunek ten związany jest z potencjalnym dofinansowaniem zmiany układu drogowego w ramach projektu inwestycyjnego Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020, uruchamianego przez PKP PLK S.A.
- Zapewnienie dojazdu samochodem prywatnym mieszkańcom okolicy ul. Gajowej do centrum Gniezna.

- Zapewnienie alternatywnego (racjonalnego) dojazdu samochodem prywatnym mieszkańcom okolicy ul. Gajowej do centrum Gniezna.
 - Zapewnienie dojazdu rowerem mieszkańcom okolicy ul. Gajowej do centrum Gniezna.
 - Zapewnienie racjonalnego przejścia pieszego z południa na północ linii 353 mieszkańcom okolic ul. Gajowej.
 - Możliwość technicznego włącznie proponowanych zmian w istniejącym układzie drogowym.
 - Racjonalną obsługę analizowanego obszaru publicznym transportem zbiorowym.
 - Ograniczenie działań związanych z usuwaniem konfliktów wariantów przebudowy układu drogowego z istniejącymi sieciami np. ciepłowniczymi.
 - Zgodność propozycji rozwiązań układu drogowego z uchwalonymi planami zagospodarowania przestrzennego Miasta Gniezno oraz Gminy Gniezno, jak również studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego w/w obszarów GM Gniezno oraz GW Gniezno.
 - Ewentualne wykorzystanie terenów, na których nie wybudowano jakichkolwiek budynków mieszkalnych
- Wariant W0, tj. wariant bezinwestycyjny (rys. 2), reprezentuje stan aktualny układu drogowego na analizowanym obszarze. Charakteryzuje się on następującymi elementami:
- Dojazd do centrum Gniezna mieszkańców sołectw: Dalki, Mnichowo, Skierszewo Gminy Gniezno, Gminy Czarniejewo oraz pewnej części mieszkańców Miasta Gniezno realizowany jest w znacznej części drogą powiatową 2152P, na której występuje skrzyżowanie kolejowo-drogowe z linią kolejową 353.
 - Część mieszkańców Miasta Gniezno zamieszkująca rejon ulicy Gajowej w początkowym etapie podróży musi korzystać z przejazdu kolejowo-drogowego, wyposażonego w roгатki, zlokalizowanego na linii 281.
 - Publiczny transport zbiorowy osób w analizowanym rejonie realizowany jest w ramach komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Gniezno, której operatorem jest Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Spółka z o.o. w Gnieźnie. Obejmuje on linie nr 13, 16, 22, N. Przewozy realizowane są zarówno w dni robocze, jak i soboty oraz niedziele. Oprócz tego w ramach przewozów powiatowych oraz wojewódzkich transport realizowany jest przez Przedsiębiorstwo Komunikacji Samochodowej w Gnieźnie Spółka z o.o. W przeważającej części dotyczy to relacji są to Gniezno – Czarniejewo oraz Czarniejewo – Gniezno. Jeśli chodzi o przebieg linii autobusowej tego przewoźnika na analizowanym obszarze, to obejmuje on jedynie przejazd kolejowo-drogowy na linii kolejowej 353.
- Z kolei pierwszy z inwestycyjnych wariantów – W1 charakteryzuje się:
- Występowaniem wiaduktu łączącego drogę powiatową nr 2152P (ul. Mnichowska) z drogą krajową nr 15 (ul. Kostrzewskiego).
 - Koniecznością zmian przebiegu linii PTZ, tj. komunikacji miejskiej realizowanej autobusami MPK Gniezno oraz ponadgminnej realizowanej przez PKS Gniezno
 - Likwidacją przejazdu kolejowo-drogowego na linii kolejowej 353, wraz z ograniczeniem ruchu pieszego i rowerowego.



Rys. 2. Widok przejazdów kolejowo-drogowych wariantu bezinwestycyjnego – W0, odpowiednio na liniach kolejowych: a) nr 353, b) 281.

Proponowaną koncepcję rozwiązania układu drogowego przedstawiono na rys. 3. Należy zaznaczyć, że w wariantcie tym w przypadku mieszkańców rejonu ul. Gajowej, w celu ominięcia przejazdu kolejowo-drogowego na linii 281, występuje alternatywne połączenie drogowe pozwalające na dojazd do centrum Gniezna, tj. poprzez skrzyżowanie ul. Prostej z drogą krajową nr 15 (ul. Kostrzewskiego). Rozwiązanie to zmienia długość pokonywanej drogi.



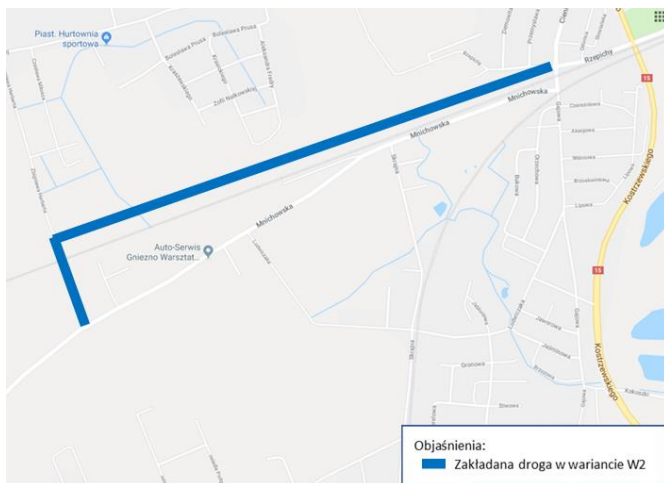
Rys. 3. Koncepcja rozwiązania układu drogowego W1

- Należy zauważyć, że wariant W1 ma szereg wad związanych z:
- Niekorzystnym położeniem linii kolejowych 353 oraz 281; linie te się łączą po wiadukcie kolejowym DK 15. Odległości pomiędzy skrajniami tych wynoszą ok 16 m.
 - Koniecznością budowy kolejnego skrzyżowania na DK 15, które zmniejszy może przepustowość tej drogi. Obecnie na tym odcinku dopuszczalna prędkość pojazdów samochodowych jest ograniczona do 70 km/h.
 - Ewentualnym skrzyżowaniem z drogą rowerową oraz ruchem pieszym.
 - Koniecznością infrastruktury energetycznej oraz instalacji przesyłowej, która poprowadzona jest obecnie wzdłuż wiaduktu obok DK 15.

Drugi z wariantów inwestycyjnych W2, zakłada budowę przejazdu pod linią kolejową 353. Zakłada on:

- Zamknięcie przejazdu kolejowego na linii 353 na ul. Gajowej.
- Przedłużenie ul. Rzepichy w stronę zachodnią równoległe do linii 353 na wysokość ul. Herberta oraz budowę ul. Herberta tunelem do ul. Mnichowskiej (droga 2x3 m wraz z ścieżką rowerową po stronie południowej oraz chodnikiem po stronie północnej).
- Dojazd do centrum Gniezna mieszkańców sołectw: Dalki, Mnichowo, Skierszewo Gminy Gniezno, Gminy Czarniejewo oraz pewnej części mieszkańców Miasta Gniezno realizowany jest nową ul. Herberta i ul. Rzepichy, zaś ul. Mnichowska od ul. Herberta w kierunku wschodnim ma charakter na lokalny.
- Przebieg linii publicznego transportu zbiorowego musi zostać zmieniony.
- Wykup części gruntów, na których zaplanowana jest droga, zarówno po stronie północnej, jak i południowej od linii kolejowej nr 353.

W dalszych pracach nad wariantem należy zaproponować dodatkowe rozwiązania dla ruchu pieszo-rowerowego dla mieszkańców okolic ul. Gajowej umożliwiające przemieszczanie się na północną stronę linii kolejowej 353. Proponowaną koncepcję rozwiązania układu drogowego wariantu W2 przedstawiono na rys. 4



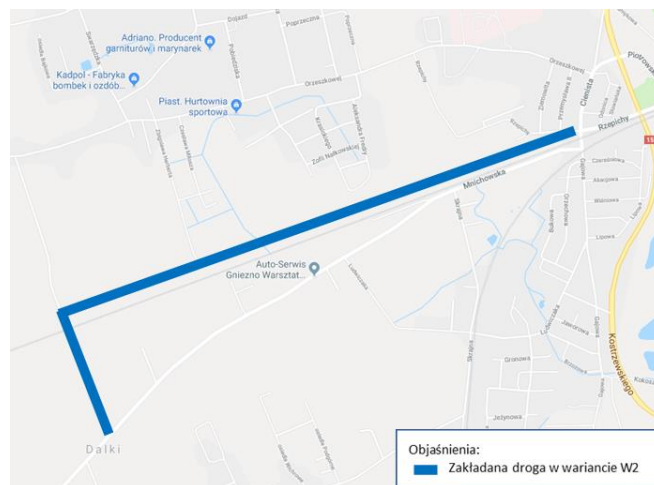
Rys. 4. Koncepcja rozwiązania układu drogowego W2

Ostatni z wariantów – W3, także zakładający budowę przejazdu pod linią pod linią kolejową zakłada:

- Zamknięcie przejazdu kolejowego na linii 353 na ul. Gajowej.
- Przedłużenie ul. Rzepichy w stronę zachodnią równoległe do linii 353 na wysokość miejscowości Dalki i tunelem do drogi powiatowej 2152P (ul. Mnichowskiej). Wariant ten przewiduje: drogę 2x3 m wraz z ścieżką rowerową po stronie południowej oraz chodnikiem po stronie północnej.

- Dojazd do centrum Gniezna mieszkańców sołectw: Dalki, Mnichowo, Skierszewo Gminy Gniezno, Gminy Czarniejewo oraz pewnej części mieszkańców Miasta Gniezno realizowany jest nową drogą powiatową 2152P z miejscowości Dalki do przedłużonej ul. Rzepichy, zaś ul. Mnichowska od miejscowości Dalki w kierunku wschodnim ma charakter na lokalny.
- Wykup części gruntów, na których zaplanowana jest droga, zarówno po stronie północnej, jak i południowej od linii kolejowej nr 353.
- Zmianę przebiegu linii publicznego transportu zbiorowego. W dalszych pracach nad wariantem wskazano konieczność uwzględnienia rozwiązania dla ruchu pieszo-rowerowego dla mieszkańców okolic ul. Gajowej umożliwiające przemieszczanie się na północną stronę linii kolejowej 353.

Schematyczne rozwiązanie układu drogowego w wariantcie W3 przedstawiono na rys. 5



Rys. 5. Koncepcja rozwiązania układu drogowego W3

Charakterystyczną cechą tego wariantu jest zakładany przejazd pod linią kolejową nr 353 na wysokości dawnego przejazdu kolejowo-drogowego. Obecnie w tym miejscu po stronie południowej linii kolejowej 353 znajduje się nieutwardzona droga prowadząca do okolicznych zabudowań.

2.4 Kryteria oceny wariantów

W analizowanym przypadku na podstawie analizy literatury [1, 4, 5, 6, 14] oraz sytuacji decyzyjnej, przyjęto następującą spójną rodzinę kryteriów oceniających [2]:

- K1: Koszty inwestycji; w ramach tego kryterium uwzględniono następujące elementy istotne dla niniejszej analizy: przeprowadzenie prac projektowych, wykup ewentualnych działek ze względu na zmianę układu drogowego analizowanego obszaru, prace budowlane związane z budową dróg, wiaduktów, przepustów. Kryterium to wyrażono w jednostkach monetarnych [mln zł] i jest ono minimalizowane.
- K2: średni czas przejazdu samochodem osobowym pomiędzy wybranymi punktami. Kryterium to wyrażono w [min.] i jest ono minimalizowane.
- K3: średnia odległość pomiędzy wybranymi punktami. I tak w kryterium tym za punkty początkowe przyjęto miejsca zlokalizowane podobnie jak w K2. Przy wyznaczaniu K3 wzięto pod uwagę najmniejsze odległości określone przy wykorzystaniu dróg utwardzonych, po których poruszać się mogą samochody przynajmniej do 3,5 t dopuszczalnej masy całkowitej (DMC). Kryterium to wyrażono w jednostkach długości [km] jest ono minimalizowane.

- K4: liczba budynków mieszkalnych zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie układu drogowego, tj. w odległości od 0 do 50 m od krawędzi jezdni. Kryterium to jest miarą uciążliwości drogi jako źródła hałasu i zanieczyszczeń komunikacyjnych. Nie mniej należy mieć na uwadze fakt, iż potencjalne rozwiązania układu drogowego nie wpływają na zmiany przebiegu linii kolejowej. Oznacza to, że odległość budynków mieszkalnych od linii kolejowych nie ulega zmianom. Kryterium to wyrażono w [szt.] Jest ono minimalizowane.
- K5: wielkość zmian pracy przewozowej taboru wyrażonej w wozokilometrach [wkm], powstałych w wyniku modyfikacji przebiegu linii publicznego transportu zbiorowego. Przy wyznaczaniu tego kryterium wzięto pod uwagę przewozy dwóch największych przewoźników publicznego transportu zbiorowego realizujących przewozy w tym rejonie, tj. MPK Gniezno oraz PKS Gniezno. Wartości wyznaczono w oparciu o dane dnia roboczego uwzględniając fakt, iż autobusy przewoźników w przypadku wszystkich wariantów rozpoczynają przejazd na skrzyżowaniu ul. Dalkowskiej i ul. Piotrowskiego, a kończą odpowiednio: w Dalkach (autobusy PKS Gniezno) oraz pomiędzy obecnymi przejazdami kolejowo-drogowymi – autobusy MPK Gniezno). Kryterium to jest minimalizowane. Należy jednak mieć na uwadze, że w przypadku zmian w układzie drogowym może wystąpić potrzeba skorygowania całej sieci PTZ. Ze względu na stosunkowo niewielki rozważany obszar w porównaniu z miastem Gniezno zagadnienia planowania całej sieci komunikacji miejskiej nie uwzględniano.
- K6: wielkość zmian długości ścieżek rowerowych lub pieszo/rowerowych powstałych w wyniku zmiany układu drogowego na analizowanym obszarze. Kryterium to wyrażono w jednostkach długości [km] i jest ono maksymalizowane.
- K7: dostępność przejazdu pomiędzy wybranymi punktami w sieci w godz. od 6.00 do 22.00 dla ruchu samochodowego i rowerowego. Kryterium to wyznaczono na podstawie informacji o zamknięciach przejazdów kolejowych szacując rzeczywisty czas braku możliwości przejazdu przez przejazd kolejowo-drogowy linii 353. Kryterium maksymalizowane.

Macierz ocen zdefiniowanych wariantów przedstawiono w tab. 2.

3 Eksperyment obliczeniowy

3.1 Model preferencji decydenta

Konstrukcja modelu preferencji decydenta w metodzie Electre III [9] polega na określeniu wag kryteriów oraz wartości progowych, tj. progu równoważności q , preferencji p i weta v . Każda z wartości progowych odnosi się do różnicy pomiędzy parą wariantów porównywanych względem danego kryterium. Próg równoważności określa zatem granicę, poniżej której porównywane warianty można uznać za równoważne. Z kolei próg preferencji wyznacza z kolei granicę, poniżej której pomiędzy porównywanymi wariantami zachodzi relacja słabej preferencji. Natomiast próg weta określa granicę, poniżej której pomiędzy porównywanymi wariantami zachodzi relacja silnej preferencji; jeśli różnica pomiędzy porównywanymi wariantami jest wyższa od wartości progu weta to warianty te są uznawane jako nieporównywalne. Wynikiem obliczeń przeprowa-

dzonych z wykorzystaniem metody Electre III jest ranking finalny wariantów, w którym mogą wystąpić trzy relacje pomiędzy wariantami tj. równoważność, preferencja jednego wariantu względem drugiego oraz nieporównywalność wariantów.

W tab. 3 przedstawiono model preferencji decydenta. Poszczególne wartości zostały przyjęte przy założeniu, że interesariuszem jest kierowca samochodu osobowego dojeżdżającego codziennie z rozważanego rejonu do Gniezna. Należy jednak podkreślić, że w przypadku innych interesariuszy waga, jak również wartości progowe są często odmienne, co jest istotą wielokryterialnego podejmowania decyzji.

Tab. 3. Model preferencji decydenta [2]

Kryterium	Waga	Próg równoważności	Próg preferencji	Próg weta
K1	5	2	4	8
K2	8	1	4	7
K3	5	0,5	1	-
K4	8	10	15	-
K5	3	0,5	1,5	3
K6	5	1	2	-
K7	9	0,1	0,3	0,5

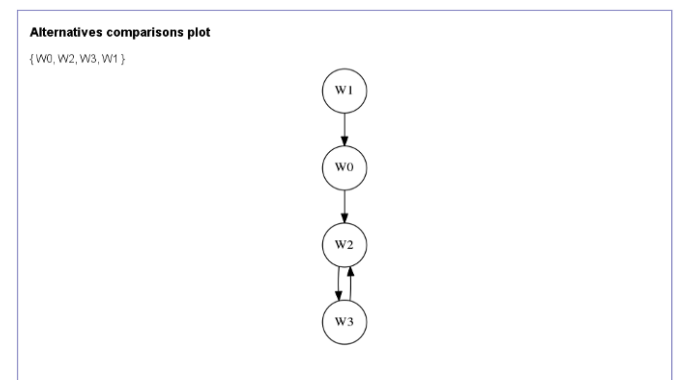
3.2 Ranking końcowy

Ranking końcowy przeprowadzono z wykorzystaniem programu Diviz (<https://www.decision-deck.org>). Jego obraz przedstawiono na rys. 6.

Z uzyskanego rankingu wynika, że pierwszy z wariantów inwestycyjnych – W1 jest najlepszy w porównaniu z obecną sytuacją (W0). Z kolei warianty W2 i W3:

- wypadły gorzej niż wariant istniejący układu drogowego,
- są między sobą równoważne.

Należy jednak zaznaczyć, że ranking został przeprowadzony z punktu widzenia tylko jednej grupy interesariuszy (w tym przypadku autorów niniejszego artykułu).



Rys. 6. Ranking końcowy wariantów rozwiązań układu drogowego wykonany z wykorzystaniem metody Electre III w programie Diviz [2]

Podsumowanie

Podejmowanie decyzji związanych z przebudową układu drogowego jest związane z koniecznością przeprowadzenia szeregu

Tab. 2. Macierz ocen wariantów przebudowy rozważanego układu drogowego [2]

L.p.	Nazwa kryterium	Jednostka	Kierunek preferencji	Wartość kryterium dla wariantu			
				W0	W1	W2	W3
1	K1 - Szacowane koszty inwestycji	[mln. zł]	Min	0	19,2	23,5	25,3
2	K2 - Średni czas przejazdu samochodem osobowym	[min]	Min	16	13	22	24
3	K3 - Średnia odległość między wybranymi punktami	[km]	Min	9,5	9,2	10,3	11,4
4	K4 - Liczba budynków zlokalizowanych w sąsiedztwie drogi	[szt.]	Min	47	8	16	20
5	K5 - Wielkość zmian pracy przewozowej taboru w jednym kursie	[wkm]	Min	0	0,32	2,76	3,92
6	K6 - Wielkość zmian długości ścieżek rowerowych lub pieszo/rowerowych	[km]	Max	0	0,27	2	2,8
7	K7 - Dostępność przejazdu pomiędzy wybranymi punktami w sieci	[-]	Max	0,67	1	1	1

analiz, które powinny mieć charakter holistyczny (całościowy). Przedstawiona w ramach niniejszego artykułu propozycja podejścia jest zgodna z aktualnymi tendencjami występującymi w tym obszarze.

W eksperymencie obliczeniowym najlepszym wariantem kompromisowym z punktu widzenia kierowcy jest W1. Jednak przeprowadzona procedura rankingowa nie wyklucza udziału innych grup interesariuszy (inny model preferencji), zainteresowanych rozwiązaniem problemu. Stąd też możliwe jest zdaniem autorów opracowanie modelu preferencji, np. w czasie konsultacji społecznych lub innych spotkań społeczności lokalnej. W takich inicjatywach niezwykle jest przedstawienie zainteresowanym osobom analizy kosztów i korzyści poszczególnych wariantów.

Przy tworzeniu rankingu autorzy wykorzystali metodę Electre III. Nie mniej nie wyklucza to zastosowanie innej np. Promethee czy AHP, które także znajdują szerokie przy rozwiązywaniu wielokryterialnych problemów rankingowych.

Bibliografia:

1. Kiciński M., Bieńczyk M., Zmuda-Trzebiatowski P., Ocena zagrożenia wykluczeniem społecznym związanym z transportem w powiatach Wielkopolski, Materiały Ogólnopolskiej Konferencji: Pomiar ubóstwa i wykluczenia społecznego w układach regionalnych i lokalnych, Poznań 11-12 czerwca 2015, s. 13-14.
2. Kiciński M., Bieńczyk M., Fierek S., Bałaga E., Mądry M, Raport, Analiza i ocena rozwiązań w zakresie zmiany układu drogowego ukierunkowanego na poprawę transportu mieszkańców w związku z występowaniem utrudnień na przejazdach w rejonie ulic Mnichowska, Cienista i Gajowa w Gnieźnie, PWSZ im. Hipolita Cegielskiego w Gnieźnie – Zakład Systemów Transportowych Politechniki Poznańskiej, Gniezno/Poznań 2018 (materiały niepublikowane).
3. Kiciński M., Bieńczyk M., Fierek S., Zmuda-Trzebiatowski P., Dostosowanie metody wyznaczania oceny efektywności ekonomicznej obiektów infrastruktury transportowej na przykładzie Ronda Rataje w Poznaniu, „Technika Transportu Szynowego”, nr 9/2012, s. 3909-3918.
4. Kiciński M., Judt W., Kłosoziak R., Wielokryterialna ocena wariantów dojazdów mieszkańców aglomeracji poznańskiej do Poznania, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, nr 12/2017, s. 560-563.
5. Kiciński M., Solecka K, Application of MCDA/MCDM methods for an integrated urban public transportation system – case study, city of Cracow, “Archives of Transport”, vol. 46, iss. 2 2018, s. 71-84.
6. Kiciński M., Żak J., Kruszyński M., Wielokryterialna ocena wpływu modernizacji drogi S11 na funkcjonowanie transportu publicznego, W: Krych A. (red.), Skuteczne zmniejszanie załoczenia miast. Poznań: Wydawnictwo Uni-Druk, 2009, s. 130-141.
7. Minister Infrastruktury i Rozwoju: Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie. Dz.U. 2015 poz. 1744.
8. Rada Powiatu Gnieźnieńskiego, Uchwała nr XXVI/169/2016 Rady Powiatu Gnieźnieńskiego z dnia 27 czerwca 2016 r. w sprawie uchwalenia „Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Powiatu Gnieźnieńskiego”, Gniezno 2016.
9. Roy B., ELECTRE III, Un algorithme de classement fonde sur une representation floue des preferences en presence de criteres multiples, “Cahiers du Centre d’Etudes de Recherche Operationnelle”, 20(1), 1978, s. 3-24.
10. Roy B.: Wielokryterialne wspomaganie decyzji. WNT, Warszawa, 1990.
11. Sawicka H., Metoda reorganizacji systemu dystrybucji towarów, Rozprawa doktorska, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012.
12. Sejmik Województwa Wielkopolskiego, Uchwała nr XI/307/15 Sejmiku Województwa Wielkopolskiego z dnia 26 października 2015 r. w sprawie Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Województwa Wielkopolskiego. Dz. Urz. Woj. 2015.6238.
13. Shi Y., Wang S., Kou G., Wallenius (ed.), New state of MCDM in the 21st century. selected paper of the 20th International Conference on Multiple Criteria Decision Making 2009. Berlin: Springer-Verlag, 2011.
14. Solecka K., Zastosowanie metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji w transporcie publicznym, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, nr 12/2016, s. 1853–1857.
15. Vincke P.: Multicriteria decision – AID, Chichester: John & Sons, 1992.
16. Zmuda-Trzebiatowski P., Bieńczyk M., Kiciński M., Fierek S., Żak J., Wielokryterialna ocena wariantów przebudowy skrzyżowania z ruchem okrężnym na przykładzie modernizacji Ronda Rataje w Poznaniu, „Technika Transportu Szynowego”, nr 9/2012, s. 4585-4594.
17. Zmuda-Trzebiatowski P., Dostępność transportowa, a partycypacja w aktywnościach, ubóstwo oraz zagrożenie wykluczeniem społecznym, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, nr 12/2016, s. 756-759.
18. Zmuda-Trzebiatowski P., Partycypacyjna ocena miejskich projektów transportowych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2016.

The case of using the multi-criteria decision method to evaluate of the road system in Gniezno

The paper presents an example of using one of the methods of multi-criteria decision support to evaluate several potential solutions (variants) of the transport system in connection with the capacity limitations of the road system in the area of Cienista and Gajowa streets in Gniezno. The authors presented the main stages of their work involving the analysis of the decision-making situation, the construction of variants and the identification of stakeholders. The final ranking was prepared using the expert preference model and the Electre III method.

Keywords: transportation system, Electre III method, road system, multicriteria decision making

Autorzy:

dr inż. **Marcin Kiciński** – Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Hipolita Cegielskiego w Gnieźnie, Instytut Zarządzania i Transportu, ul. Ks. Kard. Stefana Wyszyńskiego 38, 62-200 Gniezno, email: m.kicinski@pwsz-gniezno.edu.pl

dr inż. **Maciej Bieńczyk** – Politechnika Poznańska. Wydział Inżynierii Transportu, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Zakład Systemów Transportowych, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3, email: maciej.bieniczak@put.poznan.pl

dr inż. **Szymon Fierek** – Politechnika Poznańska. Wydział Inżynierii Transportu, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Zakład Systemów Transportowych, 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3, email: szymon.fierek@put.poznan.pl