

**WIESŁAW DŹWIGÓN**

dr inż. Politechnika Krakowska,  
Katedra Systemów  
Komunikacyjnych  
ul. Warszawska 24, 31-155  
Kraków, tel. (12) 6282178  
email: wdzwigon@pk.edu.pl

# KRYTERIUM BEZPIECZEŃSTWA PASAŻERÓW W OCENIE WĘZŁÓW PRZESIADKOWYCH<sup>1</sup>

**Streszczenie:** W opinii pasażerów konieczność przesiadania się jest związana z dłuższym trwaniem podróży oraz utrudnieniami związanymi ze zmianą środka transportu. Niestety nie jest możliwe bezpośrednie połączenie wszystkich ważnych źródeł i celów podróży. Dodatkowo rola przesiadki zwiększa się w dobie wzrastającej ruchliwości i intermodalności podróży. Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na bezpieczeństwo komunikacyjne pasażerów transportu publicznego w specyficznym miejscu, jakim jest węzeł przesiadkowy. Skrótkowo przedstawiono miejsce bezpieczeństwa w ocenie jakości podróży. Omówiono dwie metody wielokryterialnej całościowej oceny węzłów przesiadkowych, w których autorzy umiejscowili parametry wpływające na bezpieczeństwo komunikacyjne i osobiste.

Szeroko zostały omówione kryteria oceny bezpieczeństwa komunikacyjnego, uszeregowane w czterech grupach kryteriów: funkcjonalne, strukturalne, realizacyjno-ekonomiczne i czytelności. Parametryzacja oceny pewnych kryteriów powstała w oparciu o inwentaryzację kilkunastu węzłów miejskiego transportu publicznego. Dodatkowo przedstawiono wagi dla omawianych kryteriów oceny. Ocena bezpieczeństwa sporządzona na kilku węzłach przesiadkowych pozwala sformułować wnioski dotyczące kształtowania tej części infrastruktury transportowej. Kształtowanie bezpieczeństwa, komfortu, czasu i innych składników podróży odbywa się równocześnie. Pamiętajmy, że poprawiając pewne parametry, równocześnie poprawiamy lub pogarszamy inne.

**Słowa kluczowe:** transport publiczny, węzeł przesiadkowy, bezpieczeństwo komunikacyjne

## Bezpieczeństwo w transporcie publicznym

Można wyróżnić trzy podstawowe składniki bezpieczeństwa w transporcie publicznym:

- bezpieczeństwo komunikacyjne – związane z zagrożeniem pochodzącym od ruchu pojazdów (wypadki, kolizje i ich skutki);
- bezpieczeństwo osobiste – zagrożenia pochodzą od innych osób i są przeważnie zaplanowane (kradzieże, pobicia itp.);
- bezpieczeństwo mienia – zagrożenia również pochodzą od innych osób, są zaplanowane i nakierowane na uszkodzenia infrastruktury lub pojazdu (istotne dla przewoźników i zarządców infrastruktury).

Artykuł dotyczy kształtowania bezpieczeństwa komunikacyjnego na jednym z istotnych elementów infrastruktury, jakimi są węzły przesiadkowe.

Bezpieczeństwo jest jednym ze składników jakości w transporcie publicznym. Ocenę jakości poznajemy w badaniach preferencji pasażerów lub za pomocą ocen wielo-

kryterialnych. W pracy [1] autor oparł ocenę jakościową na pięciu głównych kryteriach jakości funkcjonowania komunikacji miejskiej. Tyimi kryteriami są: dostępność, czas podróży, niezawodność, warunki podróży oraz ekologia podróży. W tym ujęciu bezpieczeństwo znajduje się w grupie kryteriów „ekologia podróży”. Wyróżniono dwa kryteria cząstkowe charakteryzujące bezpośrednio bezpieczeństwo:

- bezpieczeństwo osobiste pasażerów – waga 3,40,
- zagrożenie pasażerów wypadkami drogowymi – waga 2,56.

Suma wag wynosi 100%. Ponadto aspekty związane z bezpieczeństwem pojawiają się pośrednio w grupie kryteriów „warunki podróży”:

- warunki i uciążliwość dojazdu – m.in. kolizyjność;
- warunki oczekiwania na przystanku – m.in. utrudnienia na zatłoczonych wysepkach przystankowych;
- łatwość i sprawność wsiadania i wysiadania;
- wygoda w pojeździe;
- warunki ruchu – płynność, wielkość przyspieszeń i opóźnień, ostre łuki poziome;
- dogodność warunków do przesiadania – m.in. kolidyjność z ruchem pojazdów i z ruchem pieszych.

Jak widać, bezpieczeństwo jest zagadnieniem wieloaspektowym i wieloparametrowym. Istnieje wiele parametrów oddziałujących równocześnie na różne składniki jakości podróży. Artykuł omawia tylko ich oddziaływanie na bezpieczeństwo komunikacyjne związane z przesiadaniem się pasażerów. Należy pamiętać, że poprawiając bezpieczeństwo komunikacyjne, równocześnie wpływamy na bezpieczeństwo osobiste, czas podróży, jej komfort itp., a wpływ na te czynniki niekoniecznie jest pozytywny.

## Metody oceny węzłów przesiadkowych

W literaturze można spotkać zasady projektowania poszczególnych elementów węzłów przesiadkowych, lecz generalnie istnieje niewiele metod lub wskaźników umożliwiających ocenę węzła lub wariantów projektowych określonego węzła. Poniżej przedstawiono skrótkowo dwie polskie metody, powstałe w ostatnich latach. Dotyczą one całościowej oceny węzła, a nie tylko aspektów bezpieczeństwa.

Pierwsza z nich sprowadza się do zastosowania analizy wielokryterialnej, której wynikiem jest jedna ocena, na którą składa się siedem podstawowych składników (wyróżniono kryterium bezpieczeństwa) [2]:

<sup>1</sup> © Transport Miejski i Regionalny, 2012.

- KZ – kryterium zwartości węzła: odległość między przystankami, pokonywanie różnicy wysokości, odległość do postoju taksówek lub parkingu;
- KS – kryterium sprawności węzła: liczba stanowisk na przystanku, szerokość ciągów pieszych, priorytety dla transportu publicznego, procent połączeń skomunikowanych, oddzielenie przystanków dla wysiadających i wsiadających;
- KB – kryterium bezpieczeństwa pasażerów: wskaźniki przestępczości dla obszaru, obecność ochrony i monitoring, układ węzła i przystanków;
- KC – kryterium czytelności węzła: zastosowany układ węzła, oznakowanie przystanków, liczba załomów trasy przy przejściach między stanowiskami, usytuowanie przystanków na kierunkach odjazdu;
- KI – kryterium informacyjności węzła: obecność rozkładu jazdy, obecność planu sieci i planu węzła, dostępność informacji o rodzajach biletów i o nadjeżdżających pojazdach;
- KK – kryterium komfortu pasażerów na węźle: obecność wiaty, liczba miejsc siedzących, oświetlenie, obecność punktów usługowych itp.;
- K – współczynnik korygujący ze względu na konieczność zakupu dodatkowego biletu z racji przesiadki lub brak tej konieczności.

Poza podaniem oceny każdego kryterium należy wyznaczyć także jego wagę (tablica 1). Autorzy metody ustalili wagi w wyniku ankietowania podróżnych. Największą wagę otrzymało kryterium zwartości węzła, a bezpieczeństwo znalazło się na drugim miejscu z wagą równą 17,6, gdzie suma wag daje 100. Iloczyn oceny i wagi danego kryterium daje składnik globalnej oceny węzła. Opisuje to wzór:

$$W = (\mu_z \cdot KZ + \mu_s \cdot KS + \mu_b \cdot KB + \mu_c \cdot KC + \mu_i \cdot KI + \mu_w \cdot KW) \cdot K$$

gdzie:

- W – ocena końcowa;
- KZ, KS, KB, KC, KI, KW – poszczególne oceny kolejno z kryteriów: zwartości, sprawności, bezpieczeństwa, czytelności, informacyjności i kryterium wygody;
- $\mu_z, \mu_s, \mu_b, \mu_c, \mu_i, \mu_w$  – wagi do poszczególnych kryteriów: zwartości, sprawności, bezpieczeństwa, czytelności, informacyjności i kryterium wygody;
- K – współczynnik korygujący ze względu na taryfę biletową.

Tablica 1

Wagi poszczególnych kryteriów oceny węzła przesiadkowego [2]	
Kryterium	Waga
zwartość	18,6
bezpieczeństwo	17,6
informacyjność	16,9
sprawność	16,3
czytelność	15,3
wygoda	15,3
suma	100

Druga metoda powstała w 2010 roku na zlecenie Biura Drogownictwa i Komunikacji Urzędu Miasta Warszawy i miała za zadanie ocenę nowo projektowanych oraz istniejących węzłów przesiadkowych w mieście. Ocena węzła odbywa się za pomocą ośmiu poniższych wskaźników [3]:

- W1 – jakość infrastruktury podstawowej,
- W2 – integracja przestrzenna (zwartość),
- W3 – dostępność dla osób starszych,
- W4 – wewnętrzna logika węzła,
- W5 – bezpieczeństwo osobiste,
- W6 – bezpieczeństwo wynikające z obecności punktów kolizji z ruchem pojazdów (bezpieczeństwo komunikacyjne),
- W7 – informacja pasażerska,
- W8 – dodatkowe funkcje dostępne w węźle.

Część wskaźników (W3, W5, W6, W7) jest średnią ze wskaźników cząstkowych.

Jednostką miary jest stopień (procent) spełnienia każdego wskaźnika, który następnie przelicza się na konkretną ocenę (tablica 2).

Tablica 2

Zestawienie ocen wskaźników	
Stopień spełnienia [%]	Ocena
>90%	Bardzo dobra
>70%	Dobra
>50%	Zadowalająca
>30%	Zła
>0%	Bardzo zła
0%	Brak oceny

Szerzej zostaną omówione wskaźniki dotyczące bezpieczeństwa W5 i W6.

Aby wyznaczyć wskaźnik W5 (bezpieczeństwo osobiste), należy obliczyć średnią ważoną z czterech kryteriów:

- Kryterium K.5.1 – iloraz peronów i przejść pomiędzy peronami objętych monitoringiem do liczby wszystkich peronów;
- Kryterium K.5.2 – iloraz peronów i przejść objętych inteligentnym monitoringiem do ogółu peronów i przejść. Za monitoring inteligentny uznajemy taki, który automatycznie wykrywa nietypowe zachowania i obiekty poprzez analizę obrazu za pomocą specjalistycznego oprogramowania;
- Kryterium K.5.3 – iloraz liczby peronów i przejść pomiędzy peronami z dostatecznym oświetleniem w stosunku do wszystkich peronów;
- Kryterium K.5.4 – kryterium uzależniono od obecności służb umundurowanych (obsługa, ochrona, straż).

Wskaźnik W6 (bezpieczeństwo komunikacyjne) wyznaczamy jako stosunek bezkolizyjnych i chronionych przejść przez jezdnie (zebra, sygnalizacja świetlna) do wszystkich przejść międzyperonowych w obrębie węzła. Gdy na węźle nie występują przejścia przez jezdnię lub to-

rowisko tramwajowe, stopień spełnienia kryterium wynosi 100%. W zależności od sposobu ochrony pieszego, przejścia dla pieszych mają następujące wagi:

- 0 – przejścia przez jezdnię bądź torowisko tramwajowe nieoznakowane,
- 0,5 – przejścia oznakowane zebra,
- 0,75 – wydzielona faza prawoskrętu w sygnalizacji świetlnej,
- 1,0 – przejścia z sygnalizacją świetlną.

### Ocena bezpieczeństwa na węźle

Omówiona poniżej ocena bezpieczeństwa na węźle jest metodą wielokryterialną. Dotyczy tylko oceny kształtowania bezpieczeństwa komunikacyjnego, chociaż pewne omówione składniki mają wpływ na bezpieczeństwo osobiste (jednak te wpływy nie zostały przedstawione).

Wyodrębniono cztery główne grupy kryteriów:

- funkcjonalne,
- strukturalne,
- czytelność,
- realizacyjno-ekonomiczne.

Pierwsza grupa określa, jak dobrze pod względem funkcjonalności zbudowany jest węzeł. Pod tym pojęciem rozumiemy w głównej mierze jakość rozwiązań, które są bezpośrednio związane z poruszaniem się po węźle. Kryteria strukturalne opisują, jaki wpływ na bezpieczeństwo ma szeroko rozumiany projekt węzła i rozmieszczenie jego poszczególnych elementów, m.in.: przystanków, ciągów pieszych oraz ich szerokości, jak również prowadzenie ruchu samochodowego (punkty kolizji) i innych elementów. Czytelność z kolei mówi o postrzeganiu węzła przez pasażera. W tej grupie oceniane są wszelkie zabiegi mające na celu dobrą i zrozumiałą informację pasażerską. Grupa kryteriów realizacyjno-ekonomicznych określa wpływ kosztów poniesionych na etapie budowy oraz ponoszonych podczas eksploatacji na korzyści w zakresie bezpieczeństwa.

Każda z wymienionych grup kryteriów posiada szereg określających ją kryteriów cząstkowych – od 3 do 7, w sumie wyróżniono 20 kryteriów. Dla części kryteriów zaproponowano skalę przyznawanych ocen. Powstała ona na podstawie wcześniej zinwentaryzowanych kilkunastu węzłów transportu miejskiego. Celem inwentaryzacji było zidentyfikowanie obszarów zmienności pewnych parametrów (liczba punktów kolizji, długości przejścia pomiędzy peronami itp.).

### Aspekty bezpieczeństwa komunikacyjnego w wielokryterialnej ocenie węzłów przesiadkowych

Kryteria oceny bezpieczeństwa można podzielić w kilka grup:

- kryteria funkcjonalne,
- kryteria struktury,
- kryteria czytelności,
- kryteria realizacyjno-ekonomiczne.

### Grupa – kryteria funkcjonalne

*Występowanie wąskich chodników* – bierzemy pod uwagę chodniki i ciągi piesze o niewystarczającej szerokości dla bezpiecznego korzystania z nich. Takie miejsca powstają w miejscu fizycznego zmniejszenia szerokości ciągu pieszego, a także poprzez obecność takich elementów jak: słup oświetleniowy, znak drogowy, kiosk lub wiata przystankowa. Również grupa osób oczekujących na przystanku przy wąskim chodniku może blokować możliwość przejścia i zmuszać pieszych do wejścia na jezdnię. Dużą uciążliwość sprawia występowanie takich miejsc blisko ruchliwej ulicy, z dużymi prędkościami pojazdów. Bardzo niekorzystnie, jeżeli wąski chodnik to jedyne połączenie pomiędzy przystankami i brakuje alternatywnej, nawet nieco dłuższej drogi.

*Dostępność węzła dla osób niepełnosprawnych* – należy ocenić wszystkie rozwiązania ułatwiające sprawne wsiadanie, wysiadanie i poruszanie się po węźle osobom o ograniczonych możliwościach ruchowych (niepełnosprawni, starsi, osoby z wózkami). Pozytywnie na ocenę wpływają pochylnie oraz windy na węzłach wielopoziomowych, a także wysokość peronów dostosowana do poziomu schodów w pojazdach. Bierze się również pod uwagę sensowność tych rozwiązań, tzn. czy są one dobrze zlokalizowane na węźle i czy droga niepełnosprawnego nie ulega znacznemu wydłużeniu. Wysoką ocenę będą otrzymywać na ogół nowe lub niedawno przebudowane węzły.

*Oświetlenie miejsc kolizyjnych* – dobre oświetlenie w obrębie węzła jest bardzo ważne z punktu bezpieczeństwa komunikacyjnego, gdyż umożliwia o zmierzchu i w nocy wczesne dostrzeganie sylwetek pieszych oraz wczesne reagowanie na sytuacje niebezpieczne. Oświetlenie ułatwia obserwację zamierzeń pieszych, w szczególności chęci przejścia przez jezdnię. Trzeba zidentyfikować miejsca najbardziej kolizyjne (przejścia dla pieszych, miejsca „przebiegania” pieszych, wąskie chodniki), a następnie ocenić jakość ich oświetlenia. Oświetlenie ma również duże znaczenie dla bezpieczeństwa osobistego.

*Minimalny czas potrzebny na przesiadkę* – główny wpływ na to kryterium mają dobrze skoordynowane rozkłady jazdy linii, na których odbywa się większość przesiadek. Zła koordynacja zniechęca do przesiadek, ponieważ oznacza długie czasy oczekiwania lub krótkie czasy na przejścia między przystankami, co oznacza wzrost zachowań niebezpiecznych. Zbyt krótkie czasy przeznaczone na przesiadkę wywołują pośpiech podróżnych, przebieganie przez jezdnie, poruszanie się na skos lub na skróty. W celu oceny tego kryterium należy przeanalizować czasy przyjazdów i odjazdów linii na najbardziej obciążonych kierunkach oraz czasy potrzebne na przejście pomiędzy przystankami.

*Średnia szerokość ciągów pieszych* – szersze chodniki to przede wszystkim wyższy komfort korzystania z infrastruktury. Należy wziąć pod uwagę ich szerokość oraz zajętość. Wpływają na nią pasażerowie dochodzący (i odchodzący) do węzła, przesiadający się oraz zwykły ruch pieszy. Pomiedzy nimi może powstawać wiele konfliktów, a ich liczba i natężenie zależy od organizacji ruchu na węźle. Szczególnie duże znaczenie ma dostosowanie szerokości chodników do natężenia pieszych w czasie szczytów komu-

nikacyjnych, kiedy to wielu ludzi przemieszcza się w różnych kierunkach, a do tego dochodzą duże natężenia ruchu pojazdów. Odpowiednio duża szerokość chodników pozwala na swobodny wybór prędkości poruszania się, można bezpiecznie wyprzedzać osoby poruszające się wolniej, a także omijać stojące. Najwyżej powinno się ocenić węzły, które posiadają ciągi piesze o szerokości odpowiadającej natężeniu ruchu pieszego, a najniżej te, w których szerokość ciągów jest niewystarczająca w stosunku do panującego natężenia ruchu pieszego.

*Oddzielenie przystanków dla wsiadających i wysiadających* – z punktu widzenia podróżnego wskazane jest, aby na węzłach z przystankami końcowymi oddzielić punkty przyjazdów od punktów odjazdów pojazdów transportu publicznego. Unikamy wtedy sytuacji, w której potok wysiadających z pojazdu jest blokowany przez pasażerów oczekujących. Zmniejszamy również skalę zjawiska dobiegania do pojazdu, a wtedy powstają sytuacje niebezpieczne. Do oceny należy wyznaczyć iloraz przystanków oddzielonych do wszystkich przystanków.

*Obecność małej gastronomii i punktów usługowych* – obecność takich obiektów wpływa niekorzystnie na poziom bezpieczeństwa komunikacyjnego poprzez:

- ograniczanie widoczności podróżnym w obserwowaniu nadjeżdżających pojazdów,
- ograniczanie widoczności kierującym pojazdami,
- zawężanie chodników dostępnych dla pieszych (przez obiekt usługowy oraz kolejki przed nim).

Wysoko należy ocenić węzły bez małej gastronomii i punktów usługowych oraz takie, na których te obiekty zostały rozlokowane w sposób przemyślany, nie stwarzając problemów przy poruszaniu się pieszych.

### Grupa – kryteria struktury

*Liczba punktów kolizji* – liczba punktów kolizji na węzle jest najważniejszym kryterium charakteryzującym bezpieczeństwo komunikacyjne. Obrazuje ono, jak często podróżny jest narażony na potrącenie przez pojazd (oceny zawarto w tablicy 3). Najczęściej, wraz z wielkością węzła, wzrasta liczba punktów kolizji, co nie jest równoważne z tym, że duże węzły są najniebezpieczniejsze. Należy także zauważyć, że nie każdy punkt kolizji jest tak samo niebezpieczny. Zależy od stopnia ochrony pieszego (zebra, sygnalizacja) oraz od rodzaju przecinanych elementów (pasy samochodowe, autobusowe lub torowisko). Należy rozważyć wprowadzenie różnych wag dla różnego typu elementów – przykładowo w [3].

Tablica 3

Zakres ocen dla kryterium „liczba punktów kolizji”.	
Liczba punktów kolizji	Ocena
powyżej 15	1
11–14	2
9–10	3
6–8	4
poniżej 5	5

*Długość przejść przez drogi kolizyjne* – kryterium powiązane z liczbą punktów kolizyjnych – obrazuje, na jak długiej drodze pieszy narażony jest na potrącenie przez autobus, tramwaj lub inny pojazd. Szczególnie niebezpieczne są długie przejścia przez większą liczbę pasów. Dlatego należy wysoko ocenić węzły z krótkimi drogami kolizyjnymi. Przy pomiarze długości drogi kolizyjnej obecność wyspy azylu o szerokości minimum 2,0 metry powoduje, że powstają dwie krótkie drogi przejścia. Ocena jest przyznawana na podstawie uśrednionej długości przejść przez drogi kolizyjne dla całego węzła (tablica 4). Długość przejść przez drogi kolizyjne można zastąpić liczbą pasów ruchu, które trzeba przekroczyć. O zagrożeniu bezpieczeństwa ruchu decyduje również natężenie ruchu pojazdów i ruchu pieszego na drogach kolizyjnych.

Tablica 4

Zakres ocen dla kryterium „średnia długość przejścia przez drogi kolizyjne”	
Średnia długość przejścia przez drogi kolizyjne [m]	Ocena
powyżej 8,5	1
7,0–8,5	2
5,5–7,0	3
4,0–5,5	4
poniżej 4,0	5

*Różnica pokonywanych wysokości* – kryterium dotyczy przede wszystkim oceny wielopoziomowości, jako całości kształtu zmian w stosunku do rozwiązania jednopozomowego. Rozwiązania wielopoziomowe to rozwiązania bardziej bezpieczne, cechują się przede wszystkim mniejszą liczbą punktów kolizji pieszy–pojazd, większą płynnością ruchu pojazdów, a przecinanie potoków ruchu może być zastąpione włączaniem się i wyłączaniem z ruchu. Te i wiele innych zalet rozwiązania wielopoziomowego wpływają pośrednio i bezpośrednio na bezpieczeństwo przesiadki.

*Lokalizacja przystanków na węzle* – lokalizacja przystanków i przebieg linii transportu publicznego powinny być ze sobą powiązane. Brak przystanków na kierunku odjazdu (generalnie za skrzyżowaniem) jest podstawową sprawą, która stwarza zagrożenie bezpieczeństwa komunikacyjnego. Powstaje sytuacja, w której pojazdy transportu publicznego odjeżdżające w tym samym kierunku ruszają z różnych przystanków. Skutkuje to wzrostem liczby przechodzących przez jezdnie, a w konsekwencji zwiększeniem liczby punktów kolizji. Równoczesne planowanie marszrut i lokalizacji przystanków powinno uwzględniać skomunikowanie linii poprzez dążenie do organizowania przesiadki na jednym przystanku (na jednym peronie) dla kierunków najbardziej obciążonych. W tym kryterium zwracamy uwagę na łączenie dwóch linii skoordynowanych na jednym przystanku, dążenie do minimalizacji kolizji pieszych z pojazdami komunikacji miejskiej w obrębie węzłów oraz na to, jaki procent przystanków jest zlokalizowany na kierunek odjazdu.

*Średnia odległość pomiędzy przystankami* – odległość pomiędzy przystankami w głównej mierze charakteryzuje rozproszenie przystanków na węzle. Przystanki, na których

zatrzymują się linie kursujące na najbardziej uczęszczanych kierunkach nie powinny być lokalizowane w zbyt dużej odległości od siebie. W tym kryterium oceny są przyznawane według przedziałów średnich odległości pomiędzy przystankami w węźle (tablica 5).

Tablica 5

Zakres ocen dla kryterium „średnia odległość pomiędzy przystankami”	
Średnia odległość pomiędzy przystankami [ m ]	Ocena
powyżej 125	1
100–125	2
75–100	3
50–75	4
poniżej 50	5

*Obecność schodów* – schody mają związek z różnicą pokonywanych wysokości, która występuje w rozwiązaniach wielopoziomowych lub jednopoziomowych przy znacznych lokalnych różnicach wysokości. Ogólnie obecność schodów negatywnie wpływa na bezpieczeństwo komunikacyjne, niesie to głównie zagrożenia związane z potknięciem i upadkiem z wysokości, co szczególnie nasila się przy braku należytego utrzymania zimowego, jest również związane ze stosowanymi materiałami. Schody to element ciągów pieszych, na którym mamy do czynienia z ograniczoną prędkością poruszania się, co przy pośpiechu i ograniczonej przepustowości prowadzi do powstawania niebezpiecznych sytuacji. W pewnym stopniu można je zastąpić schodami ruchomymi lub pochylniami. Ocena powinna zależeć od liczby schodów na węźle, ich lokalizacji oraz jakości ich rozwiązania. Węzły bez schodów otrzymują maksymalną ocenę.

#### Grupa – kryteria czytelności

*Obecność schematów węzła* – schematy węzła jest to element ciągle rzadko spotykany w Polsce. Szczególnie ważne jest to dla podróżnych, którzy nie znają węzła – przyjezdnych oraz mieszkańców rzadko korzystających z transportu publicznego. W tym kryterium należy wziąć pod uwagę samo występowanie takiego schematu oraz jakość jego wykonania. Brak schematu skutkuje wydłużeniem czasu przesiadki, trasy przejścia oraz wzrostem liczby niebezpiecznych zachowań (dobieganie, przebieganie, zmiany decyzji). Maksymalna ocena przeznaczona jest dla węzłów, które posiadają czytelny schemat zlokalizowany w kilku miejscach.

*Obecność rozkładów jazdy i planów sieci* – w tym kryterium oceniana jest obecność rozkładów jazdy, planów sieci komunikacyjnej oraz urządzeń wyświetlających informację o spodziewanym czasie odjazdu pojazdów. Brak tych elementów prowadzi do dezorientacji podróżnego, do błędzenia w poszukiwaniu informacji, a w skrajnych przypadkach doprowadzi do pomyłek. Człowiek zdezorientowany, w dodatku w pośpiechu, zapomina o przestrzeganiu podstawowych zasad bezpieczeństwa. Najwyższa ocena jest przeznaczona dla przystanków wyposażonych w czytelne rozkłady jazdy, plany sieci oraz wyświetlacze o zmiennej treści. Dla całego węzła wyznaczamy średnią arytmetyczną ocen z wszystkich przystanków na węźle.

*Liczba stanowisk na przystanku* – przystanki z większą liczbą stanowisk (przystanki podwójne) eliminują konieczność przechodzenia przez jezdnie (przynajmniej dla niektórych relacji przesiadkowych), co redukuje liczbę punktów kolizji pieszy–pojazd i ich skalę. Jednak przystanki podwójne mogą być również niedogodne, gdyż wywołują duże ruchy pasażerów wzdłuż przystanku, co na wąskiej wysepce przystankowej może zagrażać bezpieczeństwu. Należy dążyć do redukcji liczby przystanków na węźle, grupowania na jednym peronie przystankowym wielu linii komunikacyjnych i stanowisk odjazdowych – takie rozwiązania są oceniane wysoko.

Tablica 6

Zakres ocen dla kryterium „średnia liczba stanowisk na przystanku”	
Średnia liczba stanowisk na przystanku	Ocena
powyżej 1,8	5
1,5–1,8	4
1,3–1,5	3
1,15–1,3	2
1,0–1,15	1

#### Grupa – kryteria realizacyjno-ekonomiczne

*Odseparowanie węzła od sieci ulic* – odsunięcie węzła od sieci ulicznej daje większe możliwości wprowadzenia udogodnień przy przesiadaniu się:

- pozwala zwiększyć zwartość węzła, co ogranicza czas potrzebny na przesiadkę;
- redukuje liczbę koniecznych przejść przez jezdnie i w konsekwencji liczbę punktów kolizji;
- odseparowuje powierzchnię dla transportu publicznego od powierzchni dla ruchu samochodowego, co ponownie redukuje liczbę punktów kolizji oraz ich skalę (niskie natężenia ruchu).

Równocześnie odsunięcie węzła od sieci oznacza dodatkowe koszty inwestycyjne oraz większe koszty eksploatacyjne pojazdów transportu publicznego. Ocena powinna zależeć od stopnia odseparowania węzła od ruchu ulicznego.

*Wielopoziomowość* – przy ocenie wielopoziomowości są brane pod uwagę koszty inwestycyjne i eksploatacyjne. Oceny tego kryterium można dokonać w przypadku kilku wariantów analizowanego węzła bądź przy podobnym poziomie pasażerskim na różnych węzłach.

*Koszty utrzymania węzła* – ogólnie można powiedzieć, że węzły bezpieczne to także węzły wymagające wyższych nakładów na utrzymanie:

- oświetlenie – koszt energii elektrycznej,
- urządzenia poprawy bezpieczeństwa – koszty utrzymania tych urządzeń,
- wielopoziomowość – koszty utrzymania schodów i wind.

Obecność punktów handlowo-usługowych częściowo rekompensuje koszty utrzymania (opłaty za dzierżawę).

#### Wagi kryteriów

Kryteria zostały zastosowane do oceny bezpieczeństwa na kilku węzłach transportu publicznego położonych w Krakowie [4]. Stopień spełnienia każdego kryterium jest oceniany

w skali od 1 do 5, gdzie 5 oznacza ocenę najwyższą. Kryteria nie są równorzędne względem siebie, każde posiada swoją wagę, która określa jego ważność w odczuciu respondentów. Wagi kryteriów opisujących bezpieczeństwo zostały ustalone na podstawie ankiety przeprowadzonej wśród kilkunastu ekspertów. Suma wag wynosi 100% i została ona rozdzielona najpierw na cztery grupy kryteriów, a później wewnątrz każdej grupy na kryteria cząstkowe (tablica 7 zawiera wagi dla wszystkich kryteriów cząstkowych).

Grupy kryteriów otrzymały następujące wagi:

- funkcjonalne 32
- strukturalne 35
- czytelności 15
- realizacyjno-ekonomiczne 18

Wyraźnie najważniejsze są kryteria strukturalne i funkcjonalne.

Tablica 7

Wagi kryteriów oceniających bezpieczeństwo [4]		
	Kryteria	Waga
1	FUNKCJONALNE	
1.1	Występowanie „wąskich chodników”	6,0
1.2	Dostępność węzła dla osób niepełnosprawnych	5,3
1.3	Oświetlenie miejsc kolizyjnych	5,3
1.4	Minimalny czas potrzebny na przesiadkę	5,0
1.5	Średnia szerokość ciągów pieszych	3,9
1.6	Oddzielenie przystanków dla wsiadających i wysiadających	3,7
1.7	Obecność małej gastronomii i punktów usługowych	2,8
2	STRUKTURALNE	
2.1	Długość przejść przez drogi kolizyjne	6,6
2.2	Różnica pokonywanych wysokości	6,1
2.3	Lokalizacja przystanków na węzle	5,8
2.4	Średnia odległość pomiędzy przystankami	5,6
2.5	Liczba punktów kolizji	5,5
2.6	Obecność schodów	5,4
3	CZYTELNOŚCI	
3.1	Obecność schematu węzła	5,6
3.2	Obecność rozkładów jazdy i planu sieci	5,2
3.3	Liczba stanowisk na przystanku	4,2
4	REALIZACYJNO-EKONOMICZNE	
4.1	Odseparowanie węzła od sieci ulic	6,2
4.2	Wielopoziomowość	6,0
4.3	Koszty utrzymania węzła	5,8
	<b>SUMA</b>	<b>100</b>

## Podsumowanie

Na podstawie tych analiz można sformułować następujące wnioski ogólne:

- Wielopoziomowość wpływa pozytywnie na bezpieczeństwo komunikacyjne poprzez ograniczenie liczby punktów kolizji z pojazdami. Lecz równocześnie spada poziom bezpieczeństwa osobistego – podpory i przyczółki wiaduktów i kładek ograniczają widoczność, nie wiadomo, co się za nimi kryje. Podobnie negatywnie oddziałują rozwiązania tunelowe.
- Przesiadka na węzłach końcowych jest bardziej bezpieczna niż na węzłach położonych wewnątrz sieci komunikacyjnej. Głównym powodem jest większy stopień odseparowania węzłów końcowych od sieci ulicznej.

- Małe węzły są bezpieczniejsze, ponieważ są bardziej zwarte i panuje na nich mniejszy ruch. Duże jedno-poziomowe węzły przesiadkowe to duża liczba stanowisk, duża liczba punktów kolizji oraz większe długości dróg kolizyjnych.

Istnieją czynniki wpływające pozytywnie na bezpieczeństwo, które równocześnie mogą wpływać negatywnie na funkcjonalność, koszty budowy lub eksploatacji – przykładowo:

- odseparowanie przystanków dla wsiadających i wysiadających poprawia bezpieczeństwo pasażera, lecz powoduje rozrastanie się węzła, zmniejsza się jego zwartość, wydłużają drogi dojsia;
- obecność wiaty przystankowej i punktów handlowo-usługowych poprawia wygodę, lecz często zawęża przestrzeń dla pieszych.

Do najważniejszych czynników kształtujących bezpieczeństwo na węzłach przesiadkowych zaliczono:

- odsunięcie węzła od sieci ulic,
- wielopoziomowość,
- długość przejść przez drogi kolizyjne,
- występowanie wąskich chodników.

Dwa pierwsze z nich należy uznać za kosztowne rozwiązania infrastrukturalne.

Analizując kryteria przedstawione w artykule, można stwierdzić, że istnieje wiele czynników, które mają bezpośredni lub pośredni wpływ na bezpieczeństwo. Istnieją rozwiązania, które podwyższają poziom obsługi pasażera w określonym zakresie i równocześnie mogą pogorszyć w innym. Część czynników wpływa w dwojaki sposób na bezpieczeństwo. Podwyższenie poziomu bezpieczeństwa komunikacyjnego może skutkować obniżeniem bezpieczeństwa osobistego (wielopoziomowość, estakady i tunele). Również polepszenie bezpieczeństwa może obniżyć poziom obsługi w zakresie innych aspektów funkcjonalnych (przykładowo – wydłużenie czasów przejścia). Ustalenie wypadkowej oddziaływania pozytywnego i negatywnego jest sprawą trudną.

Te i inne rozbieżności w ocenie jednego kryterium pod różnymi względami sugerują, żeby bezpieczeństwo traktować jako jeden z kilku czynników oceny węzłów przesiadkowych. Ocena bezpieczeństwa powinna wraz z oceną innych czynników tworzyć globalną ocenę węzła.

## Literatura

1. Rudnicki A., *Jakość komunikacji miejskiej*, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji, Kraków 1999.
2. Husarek P., Palus W., *Analiza funkcjonowania węzłów przesiadkowych w transporcie zbiorowym*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2005, nr 11.
3. Krukowski P., Olszewski P., *Wskaźnikowa metoda oceny węzłów przesiadkowych transportu publicznego*, Materiały VIII Konferencji Naukowo-Technicznej z cyklu „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego”, Poznań-Rosnówko 15–17 czerwca 2011.
4. Staniec T., *Bezpieczeństwo pasażerów komunikacji miejskiej w rejonie węzłów przesiadkowych*, Praca dyplomowa wykonana na Politechnice Krakowskiej, Kraków 2009.