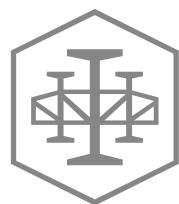




Politechnika  
Wrocławska

Politechniki Wrocławskie  
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

(Zał. 5a do procedury Pr 08)



**SPECJALNOŚĆ: DROGI I LOTNISKA**

**MAGISTERSKA**  
**PRACA DYPLOMOWA**

**STUDIA WĘZŁÓW PRZESIADKOWYCH  
TRAMWAJ – AUTOBUS – PARK AND RIDE**

**Autor: inż. Bartosz Surma**

**Opiekun: dr hab. inż. Maciej Kruszyna, prof. nadzw. PWR**

**Recenzent: dr inż. Łukasz Skotnicki**

Rok akademicki: 2017/2018



# Spis treści

<b>Streszczenie</b>	<b>3</b>
<b>1 Wprowadzenie</b>	<b>4</b>
1.1 Cel i zakres pracy . . . . .	4
1.2 Idea stosowania węzłów przesiadkowych . . . . .	4
1.3 „Park and Ride” . . . . .	6
1.4 Charakterystyka węzłów przesiadkowych . . . . .	10
<b>2 Projektowanie węzłów przesiadkowych</b>	<b>12</b>
2.1 Czynniki wpływające na atrakcyjność węzłów przesiadkowych . . . . .	12
2.2 Wskaźnikowa ocena węzłów przesiadkowych . . . . .	16
2.3 Wybór lokalizacji z punktu widzenia użytkowników „Park and Ride” . . . . .	20
2.4 Układ geometryczny węzła . . . . .	23
2.5 Wymagania dla dróg . . . . .	26
2.5.1 Warunki geometryczne . . . . .	26
2.5.2 Wymagania dla nawierzchni . . . . .	29
2.5.3 Wymagania dla skrzyżowań i zjazdów . . . . .	30
2.5.4 Wyposażenie techniczne dróg . . . . .	31
2.5.5 Zalecenia dla infrastruktury autobusowej i tramwajowej . . . . .	32
2.6 Wymagania dla infrastruktury tramwajowej . . . . .	34
2.6.1 Torowisko tramwajowe . . . . .	34
2.6.2 Przystanki i perony tramwajowe . . . . .	36
2.6.3 Prowadzenie toru w planie . . . . .	37
2.7 Ciagi piesze i rowerowe . . . . .	40
2.7.1 Zalecenia ogólne . . . . .	40
2.7.2 Poziom swobody ruchu pieszych . . . . .	42
2.7.3 Wytyczne dla miasta Wrocław . . . . .	43
2.7.4 Przejścia dla pieszych . . . . .	45
2.8 Obsługa osób niepełnosprawnych oraz starszych . . . . .	46

<b>3 Studia istniejących rozwiązań</b>	<b>48</b>
3.1 Pętla Łostowice-Świętokrzyska, Gdańsk . . . . .	48
3.2 Rondo Reagana (plac Grunwaldzki), Wrocław . . . . .	54
3.3 Węzły przesiadkowe „Bieżanów” oraz „Kurdwanów”, Kraków . . . . .	59
3.4 Młociny, Warszawa . . . . .	64
<b>4 Projekt węzła przesiadkowego na terenie Wrocławia</b>	<b>68</b>
4.1 Wybór lokalizacji . . . . .	68
4.1.1 Istniejące parkingi „park and ride” we Wrocławiu . . . . .	68
4.1.2 Planowane parkingi „park and ride” . . . . .	68
4.1.3 Analiza i wybór wybranych wariantów . . . . .	73
4.2 Dane do projektowania – Wysoka . . . . .	75
4.2.1 Wschodnia Obwodnica Wrocławia . . . . .	75
4.2.2 Stanowiska autobusowe . . . . .	75
4.2.3 Pętla tramwajowa . . . . .	76
4.2.4 Perony . . . . .	77
4.2.5 Parking dla samochodów osobowych . . . . .	77
4.2.6 Dane dotyczące ruchu . . . . .	77
4.3 Charakterystyka zaprojektowanych koncepcji . . . . .	79
4.3.1 Koncepcja nr 1 . . . . .	79
4.3.2 Koncepcja nr 2 . . . . .	80
4.3.3 Analiza przedstawionych wariantów . . . . .	81
4.4 Obliczenia dla koncepcji nr 1 . . . . .	84
4.4.1 Obliczenia łuków poziomych torów tramwajowych . . . . .	84
4.4.2 Obliczenia poziomu swobody pieszych . . . . .	85
4.4.3 Nawierzchnia jezdni . . . . .	86
4.5 Opis techniczny . . . . .	88
4.5.1 Cel i zakres pracy . . . . .	88
4.5.2 Podstawa prawna . . . . .	88
4.5.3 Opis sytuacji . . . . .	89
4.5.4 Proponowane rozwiązania . . . . .	90
4.5.5 Schemat funkcjonalno-ruchowy . . . . .	92
<b>5 Podsumowanie</b>	<b>94</b>
<b>Spis rysunków</b>	<b>95</b>
<b>Spis tabel</b>	<b>97</b>
<b>Literatura</b>	<b>99</b>
<b>Spis załączników</b>	<b>103</b>

---

## Streszczenie

Praca omawia temat węzłów przesiadkowych tramwajowo-autobusowych z parkingami „park and ride” w zakresie rozwoju tego typu obiektów, celów ich stosowania oraz zagadnienia ich projektowania. Opisano układy geometryczne węzłów, wybór lokalizacji oraz wymagania dla dróg, dróg tramwajowych, peronów i ciągów pieszych. W części projektowej wybrano lokalizację proponowanego węzła na terenie miasta Wrocław, przeprowadzono analizę dwóch wariantów i wykonano odpowiednie obliczenia i rysunki.

**Słowa kluczowe:** węzeł przesiadkowy, park and ride, komunikacja zbiorowa

## Abstract

The thesis discusses the subject of tram and bus interchanges with „park and ride” parking lots in terms of development of this type of objects, their purposes and the issues of their design. Geometric layouts of interchanges, location selection, and requirements for roads, tram routes, platforms and pedestrian routes have been described. In the design part, the location of the proposed interchange in the city of Wrocław was selected, two possible variants analyzed and appropriate calculations and drawings were made.

**Keywords:** tram and bus interchange, park and ride, public transport

# **1 Wprowadzenie**

## **1.1 Cel i zakres pracy**

Praca na podstawie tematu wydanego przez Politechnikę Wrocławską, Wydział Budownictwa Łągowego i Wodnego z dnia 31 maja 2017.

Celem pracy jest zapoznanie się z problematyką określoną szczegółowo w zakresie pracy, przedstawienie przykładów krajowych i zagranicznych oraz zastosowanie zdobytej wiedzy do rozwiązania konkretnego przypadku.

W zakres pracy wchodzą: kształtowanie sieci ulicznych, kształtowanie sieci transportu publicznego z wyszczególnieniem sieci tramwajowych, kształtowanie węzłów przesiadkowych tramwaj – autobus – park and ride, wybór miejsc do analiz, obserwacje, pomiary i prognozy ruchu, wykonanie projektu węzła w wybranej lokalizacji oraz projektu sygnalizacji dla węzła.

## **1.2 Idea stosowania węzłów przesiadkowych**

W większości krajów europejskich istnieje prawie całkowita zgoda w kwestii konieczności stosowania transportu publicznego na terenie dużych aglomeracji [35]. Sprawnie działający zbiorowy transport publiczny jest niezbędny w miastach na terenie starego kontynentu ze względu na typową dla nich zwartą strukturę budynków i centrów miast oraz relatywnie wąskie ciągi drogowe. Osiedla europejskie powstawały w okresie przed rewolucją przemysłową i są nieprzystosowane do obecnego nasilenia ruchu samochodowego, zatem konieczne jest aby część zmotoryzowanego ruchu indywidualnego przejął transport zbiorowy odciążając tym samym sieć drogową miasta.

Taka postawa jest obecnie najbardziej rozpowszechniona w krajach europejskich, stąd też coraz więcej opracowań na temat rozwoju komunikacji publicznej przygotowywanych zarówno indywidualnie przez państwa europejskie jak i na potrzeby i użytku różnorakich programów rozwojowych proponowanych przez Unię Europejską (przykładowo europejski projekt GUIDE Urban Interchanges oraz tzw. „Biała księga transportu EU”). Sprawny i rozbudowany system transportu publicznego działa na korzyść miasta na wiele sposobów: zmniejszając hałas i zanieczyszczenie towarzyszące dużej liczbie pojazdów indywidualnych, zmniejszając zatłoczenie sieci drogowej oraz liczbę wypadków drogowych [32] a także zwiększając integrację mieszkańców i atrakcyjność śródmieścia [35].

Wydawać by się mogło, że wiele z tych problemów (w szczególności kongestią ulic i dróg) można rozwiązać rozbudowując sieć drogową miasta, poszerzając ulice, dodając nowe pasy ruchu,

zwiększać dopuszczalną prędkość ruchu czy tworząc nowe połączenia między wybranymi osiedlami w mieście. Podejście to było bardzo popularne jeszcze niedawno, szczególnie w Stanach Zjednoczonych, gdzie nawet relatywnie małe aglomeracje mają imponujące połączenie z siecią dróg szybkiego ruchu, a nierzadko istnieje możliwość bezpośredniego wjazdu do centrum z takiej drogi (Dallas TX, Denver CO, Detroit MI). Ogromne węzły drogowe i rozbudowane autostrady to częsty widok w USA przy jednocześnie miernej infrastrukturze transportu zbiorowego. Stan ten w dużej mierze miał swój początek w latach trzydziestych, kiedy to prezydent Roosevelt zapoczątkował serię programów rozbudowy infrastruktury pod nazwą „Nowy Ład” (ang. New Deal), których realizacja znacząco wpłynęła na wskaźnik zmotoryzowania Amerykanów i zepchnęła transport publiczny w cień [16].

Okazuje się jednak, że takie podejście często ma odwrotny skutek. Przepustowość dodana przez nowe ulice i drogi szybkiego ruchu generuje większy ruch pojazdów. Zjawisko to sformułowane zostało już w 1977 roku przez Davida Lewisa oraz Martina Mogridge'a znane jako *Prawo Lewis-Mogridge'a*. Jest to teoria mówiąca, że zwiększanie przepustowości dróg nie prowadzi do mniejszego zatłoczenia bowiem liczba samochodów będzie dążyć do wypełnienia nowej dostępnej przestrzeni [33]. Nie powinno zatem dziwić to, że najbardziej zatłoczone miasta w Stanach Zjednoczonych to często te z największą ilością dróg szybkiego ruchu i naziemnych węzłów drogowych jak na przykład Los Angeles czy Dallas, pomimo ich prostego układu (siatka krzyżujących się arterii) i szerokich ulic.

W Europie, gdzie miasta są zdecydowanie starsze niż amerykańskie, takie podejście było niemożliwe, dzięki czemu obecnie widać znacznie większe naciski na działający i sprawny system transportu zbiorowego. Nie oznacza to jednak, że miasta europejskie nie mają problemów z zatłoczeniem. Bardzo dużym problemem jest niezoptymalizowany układ dróg, mający swoje początki przed erą motoryzacyjną; wąskie i zabudowane ulice oraz koncentracja usług i najważniejszych ośrodków generujących ruch w ścisłym centrum miasta (przykładowo, pomimo zaledwie 1,7 miliona mieszkańców Warszawa jest na 42. miejscu pod względem zatłoczenia wg pomiarów popularnego na całym świecie systemu nawigacji TomTom [60]). Widać więc wyraźnie potrzebę stosowania i rozwoju usług transportu publicznego, który może być dobrą, a czasem i lepszą, alternatywą dla ciągłego rozwoju sieci drogowej.

Problemem wielu miast nie jest jednak tylko ruch generowany stricte przez nie. W obecnych czasach, mogąc korzystać z samochodów, ludzie podejmują się pracy z dala od miejsca zamieszkania, a największe możliwości zatrudnienia znajdują się właśnie w miastach, które muszą poradzić sobie z nowym ruchem związanym z podrózami dom-praca-dom mieszkańców podmiejskich osiedli oraz okolicznych wsi. Pojazdy te często bardziej wpływają na zatłoczenie ulic ponieważ korzystają z sieci drogowej miasta dłużej mając do przejechania dłuższą trasę. W związku z tym konieczny jest sprawnie działający system transportu zbiorowego mogący obsłużyć nie tylko pasażerów mieszkających w mieście, ale także i spoza niego.

Najważniejszą częścią takiego systemu jest węzeł komunikacyjny, czyli miejsce, gdzie łączą się i spotykają co najmniej dwa typy sieci transportowych (na przykład transport samochodowy i autobusowy, transport kolejowy lub tramwajowy czy pasażerski transport morski lub lotniczy). Od płynności działania takiego węzła zależy w dużej mierze jakość działania układu transportowego, jeśli nie całego to na pewno najbliższej jego części [3].

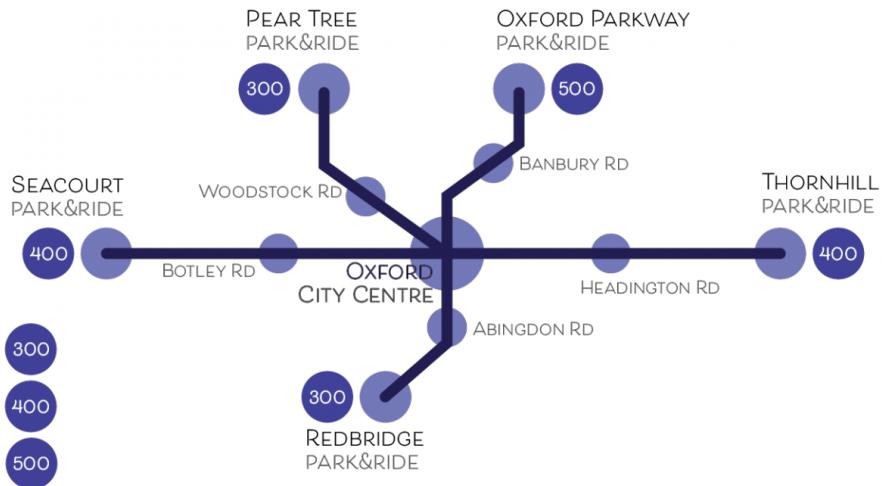
W świetle polskiego prawa węzeł zintegrowany jest to „miejsce umożliwiające dogodną zmianę środka transportu wyposażone w niezbędną dla obsługi podróżnych infrastrukturę, w szczególności: miejsca postojowe, przystanki komunikacyjne, punkty sprzedaży biletów, systemy informacyjne umożliwiające zapoznanie się zwłaszcza z rozkładem jazdy, linią komunikacyjną lub siecią komunikacyjną” [49].

### **1.3 „Park and Ride”**

Biorąc pod uwagę konieczność obsłużenia pasażerów spoza aglomeracji, nie dziwi szybkie pojawienie się koncepcji stworzenia węzłów sieci transportu zbiorowego oferujących połączenia komunikacji zbiorowej z przedmieścia do centrów dużych miast. Stąd niedaleko do obecnego systemu „Park and Ride”, którego istotą jest zachęcenie podróżujących do pozostawienia pojazdu na parkingu, usytuowanego blisko stacji, pętli lub przystanku, ale jednocześnie na terenie łatwo dostępnych przedmieścia miasta, aby opłacalne było skorzystanie z oferowanych przez komunikację publiczną połączeń w kierunku centrum zamiast kontynuowania podróży samochodem [32].

Węzły przesiadkowe wyposażone w „Park and Ride” charakteryzują się rozbudowanym parkingiem mogącym pomieścić od kilkudziesięciu do kilkuset pojazdów w bliskiej odległości od przystanków i dworca. Rolą tych miejsc jest zachęcenie kierowców do pozostawienia pojazdu i skorzystania z komunikacji publicznej. Węzły tego typu najczęściej usytuowane są na przedmieściach, w odległości co najmniej kilku kilometrów od centrum. Zbyt bliskie położenie w stonku do centrum zmniejsza atrakcyjność przesiadki [32].

Za nieoficjalne początki systemu „Park and Ride” można uznać parking dla samochodów przy dworcu kolejki podmiejskiej w Filadelfii, wybudowany już w 1927 roku, jednakże za pierwszy zaprojektowany i zrealizowany przykład systemu „Park and Ride” we współczesnej formie należy uznać mieszczący się w Oxfordzie, który otworzony w latach 60., obchodził niedawno swoje 40 urodziny. Początkowo był to parking dedykowany dla podróżujących, którzy mogli przesiąść się na autobusy spółki Oxford Bus Company oferującej połączenia na drodze szybkiego ruchu A34. System ten był dostępny jedynie rok, ale jego idea została użyta ponownie w roku 1973 kiedy to uruchomiono Redbridge Car Park obsługujący ruch autobusowy w kierunku centrum Oxfordu [57].

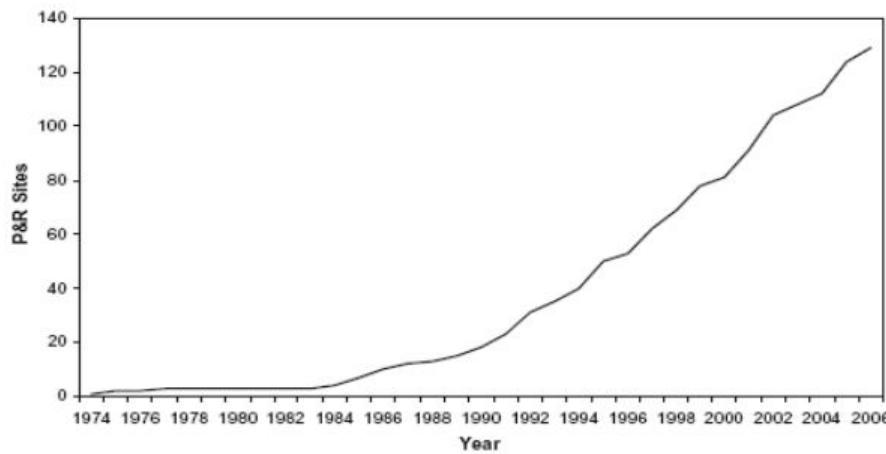


**Rysunek 1:** Schemat rozmieszczenia węzłów z systemem „Park and Ride” w Oxfordzie

(źródło: Oxfordshire County Council: <https://www.oxfordshire.gov.uk/cms/content/park-and-ride-locations>)

Konieczność zastosowania takiego rozwiązania wynikała z ogromnych problemów z zatłoczeniem miasta w latach 50. i 60. System ten przyjął się i okazał atrakcyjną alternatywą dla kierowców. Na chwilę obecną Oxford posiada pięć głównych parkingów „Park and Ride” oferujących ponad 5000 miejsc postojowych, zlokalizowanych na obrzeżach miasta i zapewniających połączenie autobusowe do centrum miasta oraz do najważniejszych punktów takich jak chociażby szpitale [58].

Wzorując się na sukcesie systemu w Oxfordzie, a także niedługo później w Leicester i Nottingham, w Wielkiej Brytanii pojawiło się coraz więcej miejsc oferujących wygodną przesiadkę w komunikacji zbiorowej. Do lat 90. własne węzły przesiadkowe wyposażone w parking posiadały już takie miasta jak Bath, Chester, Canterbury, Cambridge, Exeter, Norwich, Preston i York [29]. Przyczyniło się do tego także w dużej mierze wydanie przez angielski departament środowiska dokumentu, w którym „Park and Ride” był zalecany jako korzystne rozwiązanie dla miast. Popularność systemu w Wlk. Brytanii najlepiej uwidacznia wzrost liczby parkingów w okresie ostatnich 30 lat, co widać na rysunku 2.



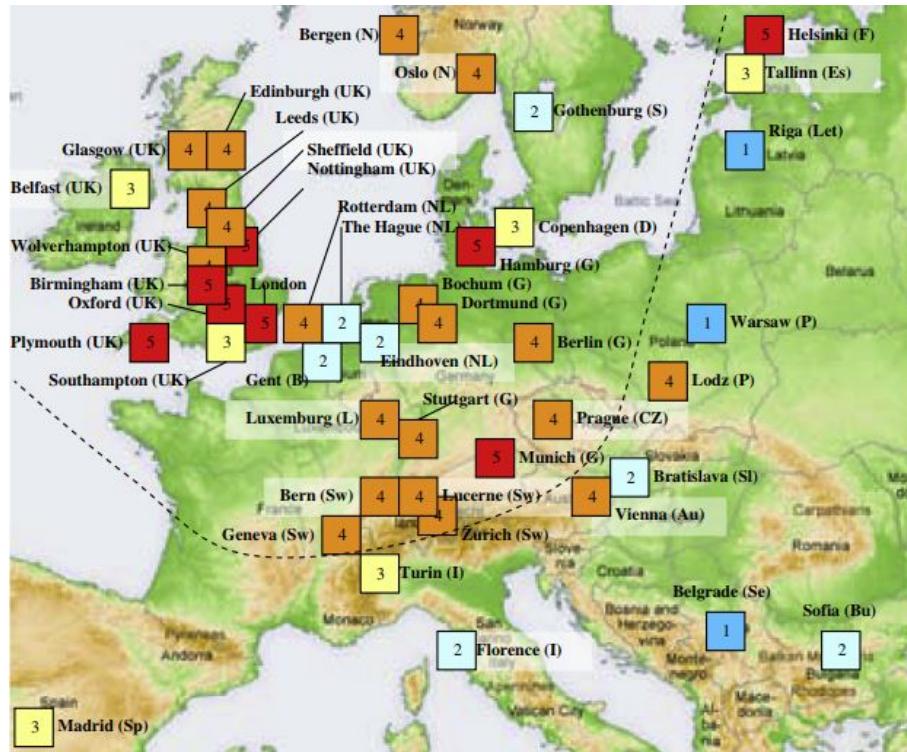
**Rysunek 2:** Liczba węzłów przesiadkowych z systemem „Park and Ride” w Wlk. Brytanii  
(źródło: Richard Stacey. *The effectiveness and sustainability of Park and Ride*, str. 3. [29])

Rozwiązań to szybko przeniosło się do innych krajów kontynentu. W wielu miastach liczba miejsc parkingowych dedykowanych pod „Park and Ride” jest wyjątkowo wysoka. W 2009 roku niekwestionowanym liderem wśród miast europejskich był Rzym z liczbą miejsc postojowych w ramach „Park and Ride” przekraczającą 12 800. W ogólnym rankingu bardzo wysoko znajdują się miasta niemieckie: Hamburg – 9 409 miejsc postojowych, Monachium – 7 128, Kolonia – 5 570 i Berlin – 4 947. Wyprzedzają je jedynie Wiedeń (6 226 miejsc) i Paryż (5 849). Jeśli spojrzeć na liczbę miejsc parkingowych w stosunku do liczby mieszkańców, to wszystkie miasta europejskie mają ten wskaźnik na poziomie od 0 do 6 miejsc postojowych na 1000 mieszkańców z wyjątkiem Luksemburgu (47.7 miejsc na 1000 mieszkańców) oraz Genewy (26.1 miejsc na 1000 mieszkańców) [42].

O ile wszystkie wymienione miasta tworzyły swoje węzły przesiadkowe w podobnym okresie – tj. w czasie ostatnich dwudziestu, trzydziestu lat, to jednak są między nimi znaczące różnice w podejściu do problemu jakim jest sprawnie działający węzeł z „Park and Ride”. Różnice te są widoczne już na stadium projektowania i to na poziomie tego samego kraju – dla przykładu, w Berlinie oczekiwana odległość jaką skłonni są przejść piesi w ramach węzła jest około 800 metrów, z kolei w Kolonii to już tylko 100-200 metrów, znaczco mniej. Najmniejsza zgoda w Europie panuje w temacie opłat parkingowych. W Niemczech wszystkie placówki „Park and Ride” są bezpłatne, przeciwnie w miastach takich jak Genewa, Praga, Sztokholm czy Wiedeń, gdzie wszystkie są odpłatne. W większości miast nie ma jasno określonych cen, różnią się one w zależności od lokalizacji parkingu [42].

Jak widać na rysunku 3 największe zainteresowanie systemem „Park and Ride” zyskał w krajach Europy Centralnej i Wielkiej Brytanii (która jest prekursorem tego rozwiązania). Jest to jednak trend, który może ulec zmianie. Coraz więcej miast europejskich zmaga się z problemami zatłoczenia oraz narastającej liczby samochodów i zamierza rozwiązać ten problem właśnie za pomocą „Park and Ride”. Na atrakcyjność systemów P+R wpływa również pomoc finansowa

płynąca z Unii Europejskiej, która wspiera takie rozwiązania. Wiele krajów wschodniej Europy korzystając ze współfinansowania jest w stanie wyposażyć swoje miasta w systemy stosowane w Europie zachodniej. Przykładowo stolica Słowenii, Lublana, ma zostać wyposażona w dodatkowe 23 centra P+R, finansowane wspólnie przez urząd miasta i Europejski Fundusz Spójności.



Rysunek 3: Ogólny poziom zaadoptowania systemu „Park and Ride” w wybranych miastach europejskich (stan na rok 2011), gdzie 1 oznacza bardzo niski, a 5 bardzo wysoki

(źródło: Marc Dijk, Carlos Montalvo: *Policy frames of Park-and-Ride in Europe*.

„Journal of Transport Geography”. nr 19/2011. [6])

Pierwsze próby wprowadzenia parkingów „Park and Ride” w Polsce miały miejsce w latach dziewięćdziesiątych w Krakowie. Były to próby nieudane, ze względu na złą lokalizację systemu zbyt blisko centrum przez co parki te służyły jedynie jako miejsce postojowe a nie węzeł przesiadkowy. W związku z tym ulegały one stopniowej likwidacji aż do roku 2003. Kiedy w Krakowie system likwidowano, w Warszawie w 2006 roku rozpoczęto budowę systemu odpowiednio zlokalizowanych parkingów strategicznych. Cały system był planowany już od 1995 roku, a oddany został do użytku w roku 2007. W jego skład wchodzi obecnie 14 parkingów mogących pomieścić ponad 4200 samochodów osobowych [26]. Z kolei we Wrocławiu na chwilę obecną funkcjonują cztery parkingi „Park and Ride” – na pętli Leśnica, obok stadionu miejskiego, na Oporowie oraz obok dworca kolejowego na Psim Polu.

## **1.4 Charakterystyka węzłów przesiadkowych**

Za węzeł przesiadkowy możemy przyjąć miejsce, gdzie istnieje możliwość przesiadki pomiędzy co najmniej dwoma środkami podróży. Z racji, że rodzajów komunikacji indywidualnej jak i zbiorowej jest wiele, tak samo można uznać, że wiele jest rodzajów węzłów przesiadkowych. Analiza istniejących węzłów w Szwajcarii daje podstawę do uznania pięciu ich głównych typów [34]:

- Duże dworce kolejowe o znaczeniu międzynarodowym. Są to obiekty skupiające wiele różnych form transportu o dużej częstotliwości, zapewniające obsługę bardzo dużej liczby pasażerów. W obiektach tego typu znajduje się duża liczba dostępnych usług oraz są one łatwo dostępne dla praktycznie każdego.
- Regionalne dworce kolejowe, które skupiają się głównie na międzymiastowym ruchu krajowym. Obsługują one mniejszą liczbę pasażerów, choć posiadają bardzo wiele połączeń regionalnych, przede wszystkim autobusów zapewniających transport z okolicznych miejscowości.
- Lokalne dworce kolejowe obsługujące połączenia regionalne w obrębie danego regionu. Ważna dla takich obiektów jest ich dostępność dla ruchu pieszego i rowerowego oraz możliwość dłuższego postoju samochodów. Takie dworce mają również bardzo duże znaczenie dla połączeń autobusowych dla danego miasta i służą jako punkt przesiadkowy dla podróżujących do pracy.
- Czwartym typem węzłów są punkty przesiadkowe obsługujące ruch lokalny w obrębie danego miasta z wyłączeniem ruchu kolejowego. Są to głównie węzły tramwajowe i autobusowe z dużą liczbą przystanków z których linie kursują z dużą częstotliwością. Takie węzły charakteryzuje duży ruch pieszych.
- Ostatnim typem węzłów są punkty typu „Park and Ride”, które obsługują jedną lub kilka linii autobusowych bądź tramwajowych zapewniających dojazd do centrum i służą głównie podróżom do pracy. Charakteryzują się dużą liczbą miejsc postojowych dla samochodów i rowerów.

Jest to ogólny podział węzłów przesiadkowych, przyjęty w Szwajcarii ale doskonale sprawdzający się na terenie całej Europy, w tym także w Polsce. Fakt wyszczególnienia węzłów typu „Park and Ride” jako osobnej grupy węzłów przesiadkowych wynika z różnic jakie posiadają obiekty takiego typu w stosunku do innych rodzajów węzłów, tj. przyjmowanie podróżujących ze ścisłej określonych obszarów w okolicach P+R i obsługa połączeń głównie w jednym kierunku, do centrum miasta. Pomimo tak precyzyjnych warunków funkcjonowania parkingi „Park and Ride”

mogą się od siebie znaczaco różnić. Dopuszcza się istnienie zarówno małych ośrodków obsługujących czasem tylko jedną linię tramwajową bądź autobusową i posiadających kilkanaście miejsc parkingowych, jak i istnienie bardzo dużych kompleksów z przystankami dla wielu linii autobusowych i tramwajowych oraz z parkingami oferującymi kilkaset miejsc postojowych i wiele dodatkowych usług takich jak zatoki „Kiss and Ride”, stanowiska dla rowerów indywidualnych („Bike and Ride”) jak i rowerów miejskich (np. system Veturilo).

## **2 Projektowanie węzłów przesiadkowych**

### **2.1 Czynniki wpływające na atrakcyjność węzłów przesiadkowych**

Węzeł przesiadkowy to miejsce, gdzie co najmniej dwa środki transportu (zbiorowego lub indywidualnego) łączą się, umożliwiające wygodną przesiadkę. Jest to kluczowy punkt funkcjonowania sieci transportowej miasta. Od efektywności obsługi pasażerów na węzłach zależy w dużej mierze efektywność całej sieci [3]. W związku z tym konieczne jest usystematyzowanie i określenie wymagań i tzw. dobrych praktyk dotyczących projektowania takich węzłów, jak i ich lokalizowania.

Najważniejszym czynnikiem efektywności węzła jest jego lokalizacja. Planując nową inwestycję należy wziąć pod uwagę wiele czynników, takich jak główne kierunki ruchu w sieci drogowej miasta i jej miejscowe założenie, schemat komunikacji zbiorowej i dostępną liczbę połączeń, spodziewaną liczbę użytkowników węzła, przestrzeń dostępną do zagospodarowania i ewentualną rozbudowę oraz wpływ wybranej lokalizacji na okolicę i środowisko [41]. Jeśli zaś chodzi o sam proces projektowania, kluczowym jest wzięcie pod uwagę kilku czynników, które wpływają na atrakcyjność i wygodę korzystania z danego węzła. Czynniki te to [41] [24] [45] [12]:

- Dostępność miejsc parkingowych, zarówno dla kierowców jak i rowerzystów, dobrana tak aby poszukiwanie miejsca postojowego nie zabierała za dużo czasu. Miejsca rowerowe powinny być dobrze oznaczone, łatwo dostępne i w dostatecznej liczbie, aby zachęcić rowerzystów do pozostawienia roweru i skorzystania z komunikacji zbiorowej.
- Dobrze zoptymalizowany obszar ruchu pojazdów, który minimalizuje liczbę wypadków i czas poszukiwania miejsca parkingowego. Zaprojektowany tak, aby uniknąć powstawania kolizji i niebezpiecznych zdarzeń, ale jednocześnie aby był intuicyjny i nieskomplikowany w odczycie przez kierowców zapewniając łatwość wjazdu i wyjazdu na parking oraz poszukiwania miejsca i pojazdu.
- Odpowiednia dostępność terenu przeznaczonego na infrastrukturę węzła przesiadkowego wraz z parkingiem, aby potoki piesze, autobusowe i samochodowe nie mieszały się, co może prowadzić do opóźnień ruchu oraz do niebezpiecznych sytuacji z udziałem pieszych i pojazdów.
- Sprawność węzła, czyli odpowiednia liczba stanowisk postojowych i dobra organizacja ruchu pojazdów gwarantująca wysoką przepustowość.

- Odpowiednie oznakowanie całego kompleksu, w taki sposób aby było ono intuicyjne dla pieszych i kierowców. Oznacza to odpowiednie oznakowanie stref parkingowych – wjazdów, wyjazdów i miejsc postojowych, stref przystankowych, stref ruchu autobusów, tramwajów i kolej, odpowiednie oznakowanie ciągów pieszych, obecność tablic wskazujących kierunek do miejsc przystankowych oraz tablic informujących o dostępnych połączeniach i czasach odjazdów.
- Dobrze zorganizowany układ chodników, przejść przez jezdnie i innych ciągów pieszo-rowerowych, dający poczucie bezpieczeństwa i komfortu dla korzystających. Odpowiednio zoptymalizowany układ przejść i chodników zwiększa czytelność węzła dla pieszych.
- Obecność urządzeń służących poprawie bezpieczeństwa: oświetlenie, bariery odgradzające miejsca niebezpieczne i ulice, poręcze przy schodach i rampach, systemu obserwacji za pomocą kamer, ewentualny punkt ochrony, ale także i odpowiednie nawierzchnie chodników (zapobiegające poślizgom) oraz systemy odprowadzania wody.
- Dbałość o wysoką estetykę kompleksu – tj. duża liczba zieleni niskiej i wysokiej, fragmentów zacienionych, obecność ławek, koszów na śmieci, oświetlenia, miejsc zadaszonych czy wiat służących oczekiwaniu na komunikację miejską. Konieczne jest dbanie o czystość dróg i chodników i ciągła kontrola stanu infrastruktury węzła.
- Zagwarantowanie miejsc pod działalność usługową taką jak kioski, szalety miejskie oraz małe sklepy. Zalecenia szwajcarskie mówią nawet o dostępności przechowalni bagażu oraz kawiarniach [34].

Spełnienie powyższych założeń znacząco zwiększa atrakcyjność zaprojektowanego węzła przesiadkowego tym samym zwiększając liczbę jego użytkowników. Idealną sytuacją byłoby spełnienie wszystkich, jednak często sytuacja projektowa na to nie pozwala ze względu na skomplikowane warunki terenowe lub sytuację finansową. W związku z tym konieczne jest wytypowanie tych czynników, które mają największe znaczenie dla korzystających z węzła pasażerów.

Badania przeprowadzone na grupie 158 osób korzystających z parkingów Park & Ride w Sztokholmie (parkingi Vällingby, Åkeshov oraz Råcksta) polegały właśnie na ocenie czynników, które mogłyby wpływać na atrakcyjność parkingów P+R. Okazało się, że najważniejszym czynnikiem dla większości ankietowanych była szeroko pojęta kwestia bezpieczeństwa, zarówno własna, jak i samochodu. I pierwsza i druga uzyskały średnio wagę 4,7 w skali od 1 do 5. Częstotliwość kursowania komunikacji zbiorowej oraz dostępność miejsc parkingowych były niewiele dalej uzyskawszy ocenę 4,6 w tej samej skali. Pozostałe czynniki, takie jak intuicyjność węzła (czy wszystkie formy transportu odjeżdżają z tego samego przystanku) oraz obecność wszelkiego rodzaju usług (takich jak sklepy i kioski) miały zdecydowanie mniejszy wpływ na atrakcyjność węzła/parkingu. W skali pięciopunktowej osiągały odpowiednio 3,6 oraz 2,0 punktu [14].

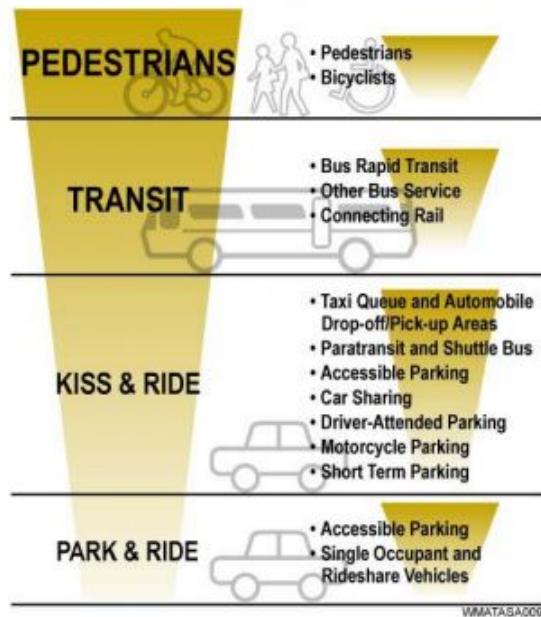
Przy ocenie czynników negatywnych największy wpływ ma odległość pomiędzy miejscem parkingowym a przystankiem (4,4 punktu na 5 możliwych) i jest on decydującym. Pozostałe czynniki takie jak trudność w znalezieniu parkingu P+R (3,5 pkt.) oraz dostępność miejsc parkingowych (3,4 pkt.) miały zauważalnie mniejszy wpływ na wybór komunikacji zbiorowej. Co ciekawe w tym samym badaniu 78% ankietowanych powiedziało, że gdyby nie znalazło miejsca parkingowego najprawdopodobniej pojechałoby do innego parkingu w bliskiej okolicy a jedynie 15% zdecydowałoby się na podróz samochodem do celu [14].

Po analizie wyników można zauważyć, że najważniejszymi czynnikami przy projektowaniu są bezpieczeństwo oraz odległość pomiędzy miejscami parkingowymi i przystankiem. Zgadza się to również z podobnymi badaniami przeprowadzonymi w innych krajach Unii Europejskiej. W ankietyzacji mieszkańców Goteborgu (580 tys. rezydentów, a zatem liczba bardzo zbliżona do miasta Wrocławia) jednym z najważniejszych czynników była odległość do pokonania pieszo mniejsza niż 300 metrów [40]. Również zalecenia amerykańskie przy projektowaniu węzłów przesiadkowych zwracają uwagę na konieczność minimalizowania odległości pomiędzy parkingami i przystankami. Zalecane jest lokalizowanie przystanków w centrum całego kompleksu, a jako maksymalną drogę jaką skłonni są pokonać piesi podano odległość 1000 stóp czyli około 305 metrów [39]. W Polsce również dąży się do minimalizowania tych odległości. W dokumencie przygotowanym dla miasta Poznania dotyczącym koncepcji budowy węzłów przesiadkowych Poznańskiej Kolei Metropolitarnej jako najważniejsze czynniki podaje się te związane z infrastrukturą na terenie węzła czyli: minimalizację odległości do pokonania przez pieszych, minimalizację różnicy poziomów, zalecenie stosowania szerokich i dobrze oświetlonych ścieżek i chodników. Zaleca się także wprost wyznaczenie peronów przystankowych możliwie najbliżej miejsc postojowych a jako praktykę pożądaną podaje się stosowanie peronów umożliwiających przesiadkę „drzwi w drzwi” czyli o maksymalnej odległości koniecznej do przebycia wynoszącej zaledwie parę metrów [45].

Dodatkową informacją na temat czynników charakteryzujących dobrze zaprojektowany węzeł może być także system oceny węzłów przesiadkowych opracowany przez dr Piotra Olszewskiego, dzielący kryteria na dwie grupy: wskaźniki ciężkie (integracja przestrzenna, dostępność dla osób niepełnosprawnych i wewnętrzna logika węzła czyli czytelność) oraz wskaźniki lekkie (informacja pasażerska, bezpieczeństwo osobiste, bezpieczeństwo wynikające z ruchem pojazdów – kolizje oraz obecność dodatkowych funkcji) [1]. Również i z tych wskaźników wynika, że zadowalająca pieszych odległość do przejścia na terenie węzła to główne kryterium przy ocenie jakości węzła przesiadkowego.

Biorąc pod uwagę powyższe informacje wydaje się oczywistym, że ruch pieszych na terenie węzła przesiadkowego ma charakter priorytetowy. W związku z tym konieczne jest ustalenie odpowiedniej hierarchii dla poszczególnych użytkowników węzła. Jednym z proponowanych może być ten przedstawiony na rysunku 4.

FIGURE 1-1: ACCESS HIERARCHY

**Rysunek 4:** Hierarchia użytkowników węzłów przesiadkowych(źródło: Washington Metropolitan Area Transit Authority, *Guidelines for station site and access planning*, Sierpień 2005 [44])

Najważniejszy priorytet, jak już powiedziano, należy się pieszym oraz rowerzystom. Nieprzerwane ulicą oraz intuicyjne i czytelne ciągi pieszo-rowerowe zwiększą bezpieczeństwo na terenie węzła i zachęcają do korzystania z niego. Drugą grupą w hierarchii jest zbiorowa komunikacja publiczna czyli autobusy i tramwaje, które z racji większego zagęszczenia użytkowników na pojazd mają priorytet nad pojazdami indywidualnymi oraz komunikacją publiczną indywidualną, które stanowią grupy trzecią i czwartą. Pojazdy indywidualne, które obecne na terenie węzła są jedynie na krótko (taksówki lub samochody parkujące w ramach systemu „Kiss and Ride”) lub zajmują mało miejsca (motocykle lub rowery) stanowią trzecią grupę, stojąc w hierarchii wyżej od samochodów parkujących w ramach systemu „Park and Ride” [44].

## **2.2 Wskaźnikowa ocena węzłów przesiadkowych**

Ocena jakości węzła przesiadkowego polega głównie na opisowym określeniu jakości poszczególnych kryteriów takich jak układ czy czytelność węzła. Jest to metoda jakościowa nie pozwalająca na bezpośrednie porównanie kilku wariantów danego węzła czy na porównanie różnych rozwiązań zastosowanych w danym mieście. Aby to umożliwić w 2012 roku opracowana została metodyka oceny węzłów na podstawie wskaźników ilościowych pod nazwą Ocena Wskaźnikowa Węzłów Przesiadkowych Transportu Publicznego AMPTI (Assesment Method of Public Transport Interchanges). Jej autorami byli Piotr Olszewski oraz Halina i Piotr Krukowscy. Zaproponowali oni 14 wskaźników podzielonych na dwie grupy: wskaźniki ogólne dotyczące całego węzła oraz wskaźniki szczegółowe dla poszczególnych elementów. Poszczególne wskaźniki pokazano w tabeli 1 [24].

Wskaźniki te w większości odpowiadają procentowi elementów, które spełniają przyjęte założenia. Jeśli połowa peronów spełnia kryteria dostępności dla osób starszych i niepełnosprawnych to wartość wskaźnika W.5p wynosi 50%. W celu określenia wartości poszczególnych wskaźników należy podzielić węzeł na części składowe – perony oraz dojścia do nich. Przejścia między peronami składają się z trzech elementów: chodnika, przejścia przez jezdnię oraz schodów. Dzieląc wszystkie trasy na elementy składowe możemy obliczyć wartości poszczególnych wskaźników.

**Tabela 1:** Opis wskaźników w metodyce AMPTI

Nazwa wskaźnika	Symbol	Opis
<b>Wskaźniki ogólne dla węzła jako całości</b>		
Zwartość węzła	W.1.1c	(Średni ważony czas przejścia pieszego pomiędzy wszystkimi peronami)
	W.1.1d	(Średnia ważona długość przejścia pieszego pomiędzy wszystkimi peronami)
	W.1.2d	(Średnia arytmetyczna długość przejścia pieszego pomiędzy wszystkimi peronami)
Czytelność węzła	W.2	(Średni odsetek przystanków i wejść do stacji widocznych z innych przystanków)
Wyposażenie dodatkowe	W.3	(Odsetek wszystkich możliwych urządzeń dodatkowych, które są w danym węźle)
<b>Wskaźniki szczegółowe dla elementów węzła</b>		
Infrastruktura podstawowa	W.4p	(Odsetek peronów, które spełniają kryteria jakości infrastruktury)
	W.4s	(Odsetek segmentów przejść, które spełniają kryteria jakości infrastruktury)
Dostępność dla niepełnosprawnych	W.5p	(Odsetek peronów, które spełniają kryteria dostępności dla starszych i niepełnosprawnych)
	W.5s	(Odsetek segmentów przejść, które spełniają kryteria dostępności)
Bezpieczeństwo osobiste	W.6p	(Odsetek peronów, które spełniają kryteria bezpieczeństwa osobistego)
	W.6s	(Odsetek segmentów przejść, które spełniają kryteria bezpieczeństwa osobistego)
Bezpieczeństwo w ruchu	W.7	(Średni poziom bezpieczeństwa dla wszystkich przejść przez jezdnie w węźle)
Informacja pasażerska	W.8p	(Odsetek peronów z dostępną informacją pasażerską)
	W.8s	(Odsetek segmentów przejść z dostępną informacją pasażerską)

(źródło: Olszewski P., Krukowska H., Krukowski P., *Metodyka oceny wskaźnikowej węzłów przesiadkowych transportu publicznego, „Transport miejski i regionalny”* Czerwiec 2014 [24])

Wskaźniki zwartości węzła oblicza się na podstawie macierzy poszczególnych wartości (odległości i czasu) dla poszczególnych peronów. Pierwszy ze wskaźników, zwartość węzła, można obliczyć na trzy podane sposoby. Pierwszym z nich jest obliczenie średniej ważonej odległości przejścia pieszego pomiędzy wszystkimi peronami (W.1.1d), obliczanej wg wzoru 1 [24]:

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} d_{ij} \quad (1)$$

Gdzie  $d_{ij}$  – czas przejścia między peronami  $i$  oraz  $j$ ,  $p_{ij}$  – udział przesiadek między peronami  $i$  i  $j$  czyli stosunek liczby pasażerów przesiadających się pomiędzy danymi peronami do całkowitej

liczby użytkowników węzła,  $n$  – liczba czynnych peronów. W przypadku przesiadek na tym samym peronie za odległość, którą musi pokonać pasażer, przyjmuje się równą  $1/3$  długości peronu. W przypadku obliczania średniego ważonego czasu przejścia między wszystkimi peronami (W.1.1c) używa się wzoru podobnego do (1) z tym, że zamiast drogi  $d_{ij}$  przyjmuje się czas  $t_{ij}$  przejścia między poszczególnymi peronami. Najmniej dokładnym sposobem określenia zwartości węzła jest arytmetyczna średnia długość przejść między peronami (W1.2d), którą oblicza się wg wzoru 2 [24]:

$$\overline{d_3} = \frac{2}{n(n+1) - 2K} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (2)$$

Gdzie  $K$  – liczba peronów, na których nie mają miejsca przesiadki na tym samym peronie (na przykład perony dla wysiadających), w takim przypadku można przyjąć  $d_{ij} = 0$ .

Czytelność węzła (W.2) określona jest jako średnia liczba przystanków widoczna z każdego przystanku podzielona przez liczbę przystanków pomniejszoną o jeden. Pozwala to określić średni stopień widoczności innych przystanków na obszarze węzła a przez to określić orientację węzła przez użytkowników. W przypadku węzłów wielopoziomowych należy brać pod uwagę odpowiednie oznaczenia wejść lub tuneli prowadzące do danych przystanków. Wyposażenie dodatkowe (W.3) to: zadaszenie peronów i przejść pieszych, ławki, kosze na śmieci, biletomaty, sklepy, toalety, postoje taksówek, stojaki dla rowerów, parkingi [24]. Wartość wskaźnika to procentowa obecność wymienionych urządzeń.

Jakość infrastruktury podstawowej (W.4) to odsetek peronów i przejść spełniających kryteria jakości uznawane w danym mieście, wśród których można wymienić takie jak szerokość peronu lub chodnika, długość peronu przystanku tramwajowego lub autobusowego, jakość nawierzchni, brak przeszkód w obrębie przystanku, maksymalna wysokość krawężnika czy obecność wiaty. Jeśli nie jest spełniony którykolwiek z podstawowych kryteriów, cały element jest traktowany jako nie spełniający wymogów jakości. Dostępność dla osób starszych i niepełnosprawnych (W.5) to odsetek elementów węzła spełniających założenia dostępności dla pieszych, czyli posiadania: pochylni lub wind w miejscach występowania schodów, poręczy wzdłuż pochylni, ostrzegawczych płyt chodnikowych z wypustkami i kontrastowych oznaczeń wzdłuż krawędzi peronów oraz przed schodami, obniżonych krawężników i płyt ostrzegawczych przy przejściach przez jezdnie oraz sygnalów dźwiękowych na przejściach z sygnalizacją świetlną [24].

Wskaźnik bezpieczeństwa osobistego (W.6) określa się jako odsetek elementów węzła posiadających dostateczne oświetlenie i monitoring. Wskaźnik bezpieczeństwa w ruchu (W.7) to średnia z poziomu bezpieczeństwa wszystkich przejść dla pieszych na terenie węzła, przy czym autorzy przyjęli, że różne rodzaje przejść zapewniają odmienne poziomy bezpieczeństwa. Przejścia całkowicie odseparowane od pojazdów, takie jak kładki czy tunele zapewniają 100% bezpieczeństwa, przejścia z sygnalizacją świetlną bez konfliktów z pojazdami to 70%, z konfliktami 50%, przejścia bez sygnalizacji 30%, zaś przejścia nieoznakowane 0% [24].

Ostatnim wskaźnikiem jest jakość informacji pasażerskiej (W.8). Wskaźnik ten oblicza się jako procent elementów węzła zawierających wymagane rodzaje informacji dla pasażerów takie jak: rozkłady jazdy i informacje taryfowe na każdym przystanku, plan węzła i jego otoczenia, schemat sieci danego miasta, oznakowanie kierunkowe na peronach i rozgałęzieniach przejść pieszych [24].

W 2015 roku autorzy metodyki uzupełnili ją dodatkowym wskaźnikiem – stopniem swobody ruchu pieszych na obszarze węzła. Określa się go jako stosunek odcinków zatłoczonych do wszystkich dostępnych na danym węźle. Zatłoczony ciąg pieszy to taki o poziomie swobody ruchu na poziomie D lub gorszym. O poziomach swobody ruchu szerzej napisane jest w rozdziale 2.7. Kryterium swobody ruchu na terenie peronów przyjmuje się jako minimum 0,93 m<sup>2</sup>/osobę przy odjęciu dwóch pasów po 0,5 metra od krawędzi peronów [23].

Badanie jakości węzła przesiadkowego przeprowadza się w formie audytu wykonywanego na działającym już węźle i pozwala ilościowo określić jakość poszczególnych kryteriów ważnych dla pasażerów. Nie jest możliwe określenie poszczególnych wskaźników na projektowanym węźle ale ich znajomość pozwala na wzięcie ich pod uwagę podczas projektowania.

## **2.3 Wybór lokalizacji z punktu widzenia użytkowników „Park and Ride”**

Z racji, że większość projektowanych obecnie węzłów przesiadkowych wyposażonych jest w system „Park and Ride” konieczne jest rozważenie problemu jakim jest lokalizacja parkingu. Podchodząc od strony użytkowników systemu „Park and Ride” lokalizacja całego węzła ma bardzo duże znaczenie i często to kierowcy poruszający się po danej aglomeracji sami są w stanie wskazać miejsca, które ich zdaniem nadawałyby się najlepiej na węzeł z systemem „Park and Ride”. Aby wskazać miejsca najbardziej atrakcyjne dla kierowców można także zidentyfikować te, gdzie tworzą się naturalne punkty P+R [35], tj. gdzie kierowcy zostawiają swoje pojazdy na parkingach należących do okolicznych sklepów i innych usług, a następnie przesiadają się w komunikację publiczną. Przykładem takiego miejsca we Wrocławiu są okolice Centrum Marino na północy, z którego parkingu korzysta wielu kierowców z okolicznych gmin wrocławskich i trzebnickich zostawiając tam pojazd i przesiadając się na linie 1, 7 lub 15 jadące w stronę centrum miasta.

Kolejnym, naturalnym wręcz, kryterium przy wyborze lokalizacji P+R jest pętla lub miejsce połączenia kilku linii autobusowych bądź tramwajowych, z których korzysta duża liczba okolicznych mieszkańców. Takie punkty automatycznie są w stanie zapewnić połączenie w wielu różnych kierunkach znaczco zwiększając atrakcyjność węzła oraz liczbę korzystających z niego osób. Podobnym podejściem jest także bazowanie na obecności dużych węzłów i skrzyżowań drogowych łączących główne trasy w mieście. Są to ulice najwyższych kategorii, często kilkupasowe, stanowiące bezpośrednie trasy z i do centrum. Czynniki te gwarantują dużą liczbę użytkowników projektowanego węzła „Park and Ride”. Taki sam wpływ mają również znacznej wielkości skupiska ludzi, czyli duże osiedla na obrzeżach miast, które są generatorami znacznego ruchu samochodowego typu praca-dom. Przy wyborze odpowiedniego miejsca wskazane jest także skupienie się na istniejących lub przyszłych planach rozbudowy sieci drogowej miasta oraz komunikacji publicznej [35].

Po rozważeniu podanych wyżej czynników może się okazać, że istnieje wiele miejsc, które nadają się na potencjalną lokalizację inwestycji z punktu widzenia użytkowników „Park and Ride”. W związku z tym konieczna jest analiza i ocena poszczególnych wariantów. Należy tutaj wziąć pod uwagę [35] [24]:

- Przede wszystkim, dostępność komunikacji publicznej. Jest to najważniejszy czynnik wpływający na wybór lokalizacji.
- Teoretyczną dostępność projektowanego obiektu z poziomu okolicznych ulic oraz jego wpływ na ruch samochodowy. Ważne jest aby nowy obiekt nie wpływał negatywnie na swobodę ruchu na okolicznych ulicach i nie generował dodatkowego zatłoczenia.

- Okolicę wybranej lokalizacji, dostępność terenu pod zabudowę i wymaganą liczbę miejsc postojowych. W niektórych przypadkach można rozważyć rozbicie całego kompleksu na kilka mniejszych podjednostek, pod warunkiem ciągłego zapewnienia komfortu użytkowania.
- Dostępność okolicy dla pieszych i rowerzystów. Jest to grupa użytkowników, która jest skłonna pokonać najkrótszą odległość aby skorzystać z proponowanego węzła przesiadkowego.
- Dostępność obiektu dla kierowców, intuicyjność wybranej lokalizacji. Źle dobrana (na przykład w zbyt dużej odległości od najważniejszych szlaków samochodowych w mieście) będzie negatywnie wpływać na atrakcyjność węzła.
- Obecne zatłoczenie dróg dojazdowych do centrum miasta. Lokalizacja węzła przy bardzo zatłoczonych ulicach jest w stanie zdemotywować kierowców do korzystania z niego ze względu na brak zauważalnego zysku czasu przy skorzystaniu z komunikacji publicznej.
- Możliwość dalszego rozwoju już zbudowanego węzła przesiadkowego biorąc pod uwagę przyszły rozwój okolicy (rozbudowa osiedli mieszkalnych) oraz komunikacji zbiorowej (dodatkowe linie i nowe typy połączeń).
- Ostatecznie, zaleca się także zbadanie opinii publicznej aby ustalić priorytety przy wyborze miejsca inwestycji.

Aby węzeł przesiadkowy spełniał swą rolę musi on być właściwie zlokalizowany w obrębie danego miasta, czyli przyłączony do istniejących lub nowo-projektowanych ciągów komunikacji publicznej a te często znajdują się w bliskiej okolicy zabudowań i obszarów zamieszkania. Rodzi to pewne problemy z usytuowaniem parkingów dla pojazdów, które to są źródłem hałasu i zanieczyszczeń. Przy projektowaniu parkingu należy wziąć pod uwagę [19]:

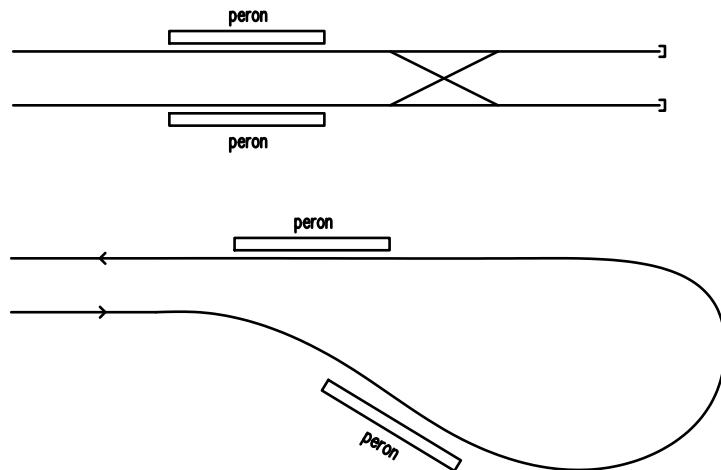
- Konieczność zapewnienia odpowiedniego podłączenia do istniejącej już sieci komunikacyjnej miasta, czyli odpowiednie usytuowanie wjazdów i wyjazdów z parkingu w taki sposób aby ruch był płynny i możliwie mało kolizyjny. Należy zapewnić wystarczającą przestrzeń na akumulację pojazdów oczekujących na wjazd na parking aby pojazdy te nie blokowały ruchu na głównej drodze. Pojazdy opuszczające parking również nie powinny stanowić utrudnienia dla pojazdów poruszających się po istniejącej ulicy. W miarę możliwości powinno się unikać lewoskrętów bowiem to one najbardziej wpływają na poziom swobody ruchu. Dodatkowo, wjazdy na parking powinny być łatwo zauważalne przez kierowców.
- Możliwe wyeliminowanie niebezpieczeństw, które są obecne przy krzyżowaniu się ciągów pieszych i pojazdów w miejscach takich jak na przykład przejścia dla pieszych prowadzące do węzła i parkingu P+R. Obecność dużej liczby pieszych jest dla kierowców stresująca oraz wpływa na swobodę ruchu pojazdów.

- Umiejscowienie parkingu w taki sposób, aby ograniczyć hałas i zanieczyszczenie powietrza wynikające ze spalin samochodowych, na przykład zapewniając odpowiednie przewietrzenie miejsca w przypadku parkingów zadaszonych. O ile obiekty otwarte znacznie zmniejszają nagromadzenie spalin o tyle generują one większy hałas w sąsiedztwie i negatywnie wpływają na samopoczucie mieszkańców. Można temu przeciwdziałać stosując ochronę przed hałasem w postaci ekranów akustycznych, ukształtowania terenu w postaci nasypów lub też zapewniając odpowiednie zadrzewienie terenów zielonych w pobliżu miejsc parkingowych.
- Możliwość wkomponowania parkingu w otaczający teren aby był mniej uciążliwy wizualnie. Można tutaj wykorzystać sąsiadujące budynki lub zieleń w taki sposób aby zachować charakter danego miejsca.

Konieczność odpowiedniego zaprojektowania części parkingowej w przypadku węzłów przesiadkowych wyposażonych w „Park and Ride” wynika w dużej mierze z faktu, że jest to największa powierzchniowo część węzła. Pomimo tego, nie jest jednak najważniejsza. Według hierarchii użytkowników pokazanej wcześniej na rysunku 4 użytkownicy parkingów postojowych mają najniższy priorytet wśród użytkowników węzła, parkingi dla nich dedykowane nie mogą zatem wpływać negatywnie na układ węzła i jego dostępność dla pieszych, rowerzystów czy komunikacji publicznej.

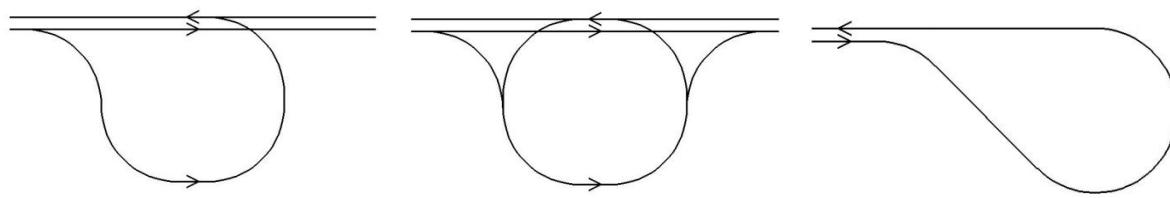
## 2.4 Układ geometryczny węzła

Układ geometryczny węzłów przesiadkowych wyposażonych w komunikację tramwajową jest w dużej mierze zależny od schematu torowego. Kształt pętli autobusowej najczęściej jest wpisywany lub opisywany w kształt pętli lub krańcówki tramwajowej. Wyróżnia się dwie główne grupy układów końcowych przystanków tramwajowych: pętle i krańcówki. Pętle tramwajowe zajmują większą powierzchnię ale są w stanie obsłużyć tabor tramwajowy starszego typu, który posiada drzwi wejściowej jedynie z jednej strony. Krańcówki można stosować jedynie gdy tabor tramwajowy dostępny w danym mieście składa się z tramwajów dwudrzwiowych (po lewej i prawej stronie) ze względu na to, że kończą się one torami ślepymi. Rożnicę w kształcie obu układów pokazano na rysunku 5.



**Rysunek 5:** Podstawowe układy końców linii tramwajowych: krańcówka (u góry) oraz pętla tramwajowa (u dołu)  
 (źródło: opracowanie własne)

Pętle tramwajowe stosowane są w znacznej większości przypadków. Podstawowe typy można podzielić ze względu na kilka różnych czynników. Ze względu na położenie w trasie linii tramwajowej pętle mogą być końcowe oraz pośrednie. Schematy takich pętli pokazano na rysunku 6.



(a) pośrednia jednokierunkowa

(b) pośrednia dwukierunkowa

(c) końcowa

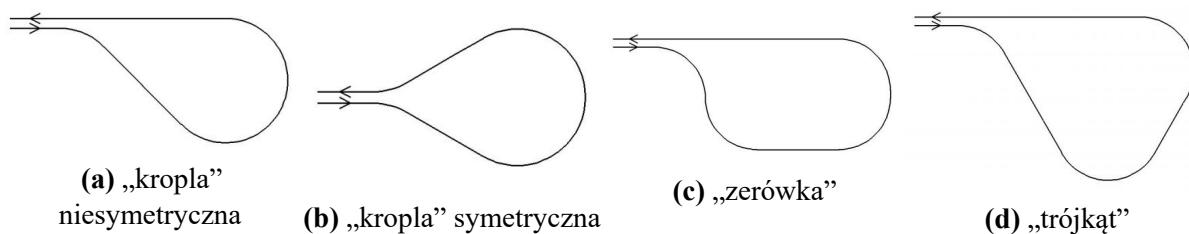
**Rysunek 6:** Podział pętli tramwajowych ze względu na położenia w trasie

(źródło: Makuch J., wykład w formie elektronicznej, kurs Koleje Miejskie, Politechnika Wrocławskiego,

[http://www.zits.pwr.wroc.pl/makuch/kmm\\_W1.pdf](http://www.zits.pwr.wroc.pl/makuch/kmm_W1.pdf) [17])

Kształt pętli tramwajowych może być bardzo zróżnicowany i dyktowany jest najczęściej warunkami terenowymi i przestrzennymi w miejscu planowanej inwestycji. Podstawowe kształty pokazano na rysunku 7.

**Rysunek 7:** Podział pętli tramwajowych ze względu na kształt



(a) „kropla”  
niesymetryczna

(b) „kropla” symetryczna

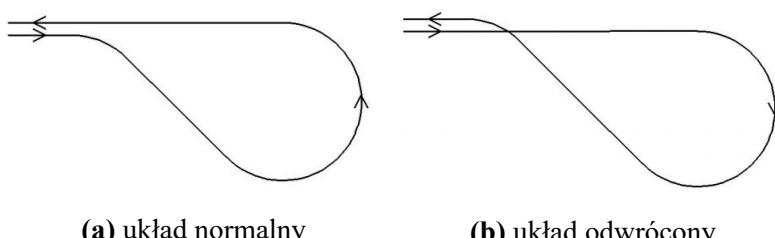
(c) „zerówka”

(d) „trójkąt”

(źródło: Makuch J., wykład w formie elektronicznej, kurs Koleje Miejskie, Politechnika Wrocławskiego,

[http://www.zits.pwr.wroc.pl/makuch/kmm\\_W1.pdf](http://www.zits.pwr.wroc.pl/makuch/kmm_W1.pdf) [17])

Ze względu na kierunek ruchu tramwajów po pętli możemy je podzielić na pętle o ruchu normalnym (czyli prawostronnym) oraz o ruchu odwróconym (lewostronnym, zegarowym). Wybór konkretnego rozwiązania ma wpływ na lokalizację przystanków. Do taboru z drzwiami jedynie po jedne stronie pasażerowie mogą wsiadać tylko z prawej strony zatem w przypadku odwróconego układu ruchu na pętli konieczne będzie lokalizowanie przystanków wewnętrz pętli. Schematy obu rozwiązań pokazano na rysunku 8.



(a) układ normalny

(b) układ odwrócony

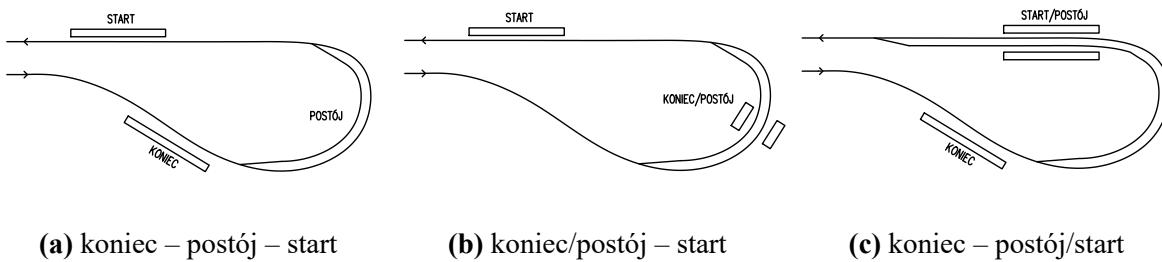
**Rysunek 8:** Podział pętli tramwajowych ze względu na kierunek ruchu

(źródło: Makuch J., wykład w formie elektronicznej, kurs Koleje Miejskie, Politechnika Wrocławskiego,

[http://www.zits.pwr.wroc.pl/makuch/kmm\\_W1.pdf](http://www.zits.pwr.wroc.pl/makuch/kmm_W1.pdf) [17])

Pętle tramwajowe różnią się również pod względem organizacji układu przystanków. Ponieważ przyjeżdżające na pętlę tramwaje muszą odczekać zanim ponownie wyruszą w trasę konieczne jest zapewnienie miejsca postojowego (torów postojowych). Przystanek dla wysiadających można umieścić przed torami postojowymi uzyskując wtedy schemat „koniec – postój” gdzie pasażerowie ze wszystkich linii wysiadają na tym samym przystanku – rysunek 9a. Rozwiążanie takie jest bardziej korzystne dla pasażerów. Zastosowane jest m. in. na wrocławskich pętlach Biskupin, Park południowy lub Tarnogaj. Przystanki dla wysiadających można także umieścić równolegle do torów postojowych tak aby każdy tor (każda linia) miał własny przystanek końcowy (schemat „koniec/postój”, rysunek 9b) . Takie rozwiązanie zastosowano na przykład na pętlach Jelitkowo w Gdańsku oraz na pętli Oporów we Wrocławiu przed przebudową.

Przystanki dla wysiadających można umieścić za torami postojowymi, wtedy każda linia zaczynająca bieg na pętli będzie zabierała pasażerów z tego samego przystanku (schemat „postój – start”). Jest to zalecane rozwiązanie, bo umożliwia pasażerom na wybór połączenia w zależności od czasu przyjazdu bez konieczności obserwowania kilku przystanków naraz. Zastosowano to rozwiązanie na przykład na pętlach Osobowice we Wrocławiu oraz Łostowice w Gdańsku. Przystanki dla wysiadających mogą być także umieszczone obok torów postojowych w układzie „postój/start” – rysunek 9c. Jest to schemat wyjątkowo niewygodny dla pasażerów, którzy muszą podjąć decyzję wyboru połączenia przed wejściem na przystanek lub zmuszeni są do szybkiej zmiany przystanków w przypadku zmiany zdania. Rozwiązanie takie zastosowane jest na przykład na pętlach Leśnica lub Oporów.



**Rysunek 9:** Układ przystanków na pętli

(źródło: opracowanie własne)

## **2.5 Wymagania dla dróg**

### **2.5.1 Warunki geometryczne**

Drogi na terenie węzła przesiadkowego należy projektować ze szczególnym uwzględnieniem ruchu autobusowego. Są to pojazdy o dużych gabarytach i wymagające na przykład znacznie większych promieni łuków poziomych. Przy projektowaniu węzła przesiadkowego można przyjąć klasę drogi jako kategorię „D” (droga dojazdowa). Prędkość projektowa takiej kategorii określona jest w Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430) i wynosi  $v_p = 30 \text{ km/h}$  w terenie zabudowanym [50]. Natomiast prędkość miarodajna ustalana jest na podstawie §13 [50] wg wzoru:

$$V_m = V_o + 20 \text{ km/h}, \text{ jeśli jezdnia nie jest ograniczona krawężnikami}$$

$$V_m = V_o + 10 \text{ km/h}, \text{ jeśli jezdnia jest ograniczona z jednej lub z obu stron krawężnikami}$$

Gdzie  $V_m$  – prędkość miarodajna (km/h),  $V_o$  – największa dopuszczalna prędkość samochodów osobowych na drodze, ograniczona znakiem lub dopuszczona przepisami (km/h). Dodatkowo, ograniczenia górne prędkości miarodajnej określone jest jeszcze w §13 ustęp 2:

„§13. 2. Prędkość miarodajna powinna być co najmniej równa prędkości projektowej drogi i nie większa od niej o więcej niż 20 km/h.” [50]

Minimalna szerokość pasa ruchu podana jest w §15 i wynosi:

„§ 15. 1. Szerokość pasów ruchu, z zastrzeżeniem § 16, powinna wynosić:  
4) na drodze klasy D – 2,50 m;” [50]

Przy czym biorąc pod uwagę strukturę rodzajową ruchu (ponadnormatywny udział autobusów) można przyjąć większą szerokość pasa ruchu w ujęciu poniższego przepisu:

„§ 15. 2. Na drogach klas Z, L i D szerokość pasa ruchu może być zwiększena do maksymalnie 3,50 m, jeżeli taka potrzeba wynika z prognozowanej struktury rodzajowej lub ilościowej ruchu.” [50]

W praktyce, szerokości pasów ruchu na terenie węzłów przesiadkowych są znacznie większe (4 lub 5 metrów) w celu zwiększenia komfortu jazdy dla autobusów. Na terenie parkingu dla samochodów osobowych również stosuje się większe szerokości aby umożliwić płynne parkowanie w wyznaczonych miejscach postojowych. Szerokości minimalne oraz promienie łuków zalecane na terenie parkingów i placów manewrowych określone są w § 116 rozporządzenia i podane w tabelach 2 i 3.

**Tabela 2:** Szerokości jezdni manewrowej

Rodzaj pojazdu	Usytuowanie stanowiska w stosunku do krawędzi jezdni (°)	Szerokość jezdni manewrowej (m)*
Samochód osobowy	90	5,00
	60	4,00
	45	3,50
	0	3,00
Samochód ciężarowy	90	12,00
	60	7,50
	45	6,00
	0	3,50
Autobus	90	16,00
	60	10,00
	45	7,50
	0	3,50

(źródło: Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430) [50])

**Tabela 3:** Dodatkowe parametry jezdni manewrowych

Parametr jezdni	Jednostka miary	Rodzaj pojazdu użytkującego jezdnię		
		osobowy	osobowy z przyczepą	ciężarowy lub autobus
Szerokość jezdni jednokierunkowej:				
1) bez krawężników	m	3,00	3,50	4,50
2) w krawężnikach	m	4,50	4,50	4,50
Promień łuku:				
1) w planie	m	15	30	30
2) w przekroju podłużnym:				
a) wypukły	m	250	250	250
b) wklęsły	m	150	150	150
Promień wewnętrznej krawędzi jezdni	m	6,00	10,00	10,00
Prędkość projektowa	km/h		30	

(źródło: Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430) [50])

Pochylenie poprzeczne jezdni określa § 17 rozporządzenia przytoczony dalej. Pochylenia stanowisk postojowych wynikają z § 116 i wynoszą odpowiednio maksymalnie 2,5% w przypadku pochylenia podłużnego oraz 2,5% i 3,5% w przypadku pochylenia poprzecznego odpowiednio dla nawierzchni twardej ulepszonej i nieulepszonej [50].

- „17. 1. Jezdnia drogi powinna mieć pochylenie poprzeczne umożliwiające sprawny spływ wody.
2. Pochylenie poprzeczne jezdni, z zastrzeżeniem ust. 3, powinno wynosić nie mniej niż:
- 1) 2,0% – nawierzchni twardej ulepszonej;
  - 2) 3,0% – nawierzchni twardej nieulepszonej;
  - 3) 4,0% – nawierzchni gruntowej ulepszonej.” [50]

Promienie minimalne łuków poziomych określona jest na podstawie prędkości projektowej wg tabeli 4, przy czym promienie łuków na terenie parkingów i placów manewrowych przytoczone są w tabeli 3.

**Tabela 4:** Minimalne wartości promieni łuków kołowych

Prędkość projektowa (km/h)		120	100	80	70	60	50	40	30
Promień łuku kołowego (m)	drogi poza terenem zabudowy, przy pochyleniu poprzecznym jezdni 7%	750	500	300	200	125	80	50	30
	drogi na terenie zabudowy: przy pochyleniu poprzecznym jezdni 5% przy pochyleniu poprzecznym jezdni 6%	–	–	–	–	140	80	50	30
		–	–	250	170	120	70	–	–

(źródło: Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430) [50])

Połączenia dwóch odcinków o różnych promieniach łuków (w tym także połączenie odcinka prostego z łukiem kołowym) powinny być realizowane za pomocą krzywych przejściowych, przy czym na drogach klasy D można zamiennie użyć odcinków prostych o określonych w rozporządzeniu długościach jakie podano w tabeli 5. Krzywych przejściowych można nie stosować w ogóle dla dróg na terenie zabudowy jeżeli pochylenie poprzeczne jezdni na łuku jest takie same jak na odcinku prostym [50].

**Tabela 5:** Długości prostych przejściowych

Prędkość projektowa (km/h)	60	50	40	30
Długość prostej przejściowej (m)	30	25	20	15

(źródło: Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430) [50])

## 2.5.2 Wymagania dla nawierzchni

Na podstawie Katalogu Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych przewidywana kategoria ruchu na terenie parkingów to KR4. Kategorie ruchu dla parkingów pokazane są w tabeli 6.

**Tabela 6:** Kategorie ruchu dla parkingów

Lp.	Przeznaczenie nawierzchni i jej obciążenie	Kategoria ruchu
1	2	3
1.	Parkingi i drogi manewrowe przeznaczone do ruchu pojazdów ciężarowych i autobusów	KR4 <sup>1)</sup>
2.	Parkingi i drogi manewrowe stale używane przez samochody osobowe ze sporadycznym parkowaniem pojazdów ciężarowych lub autobusów	KR2
3.	Parkingi i drogi manewrowe używane wyłącznie przez samochody osobowe	KR1

**Uwaga: 1) W przypadku sporadycznego parkowania można przyjąć kategorię ruchu KR3**

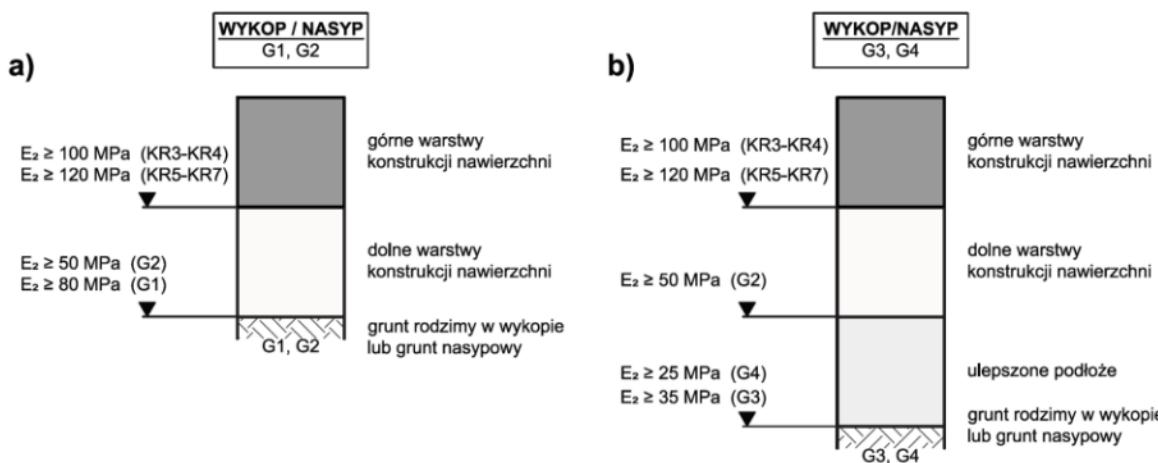
(źródło: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych*, opracowanie Katedry Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2014. [47])

Nawierzchnie zatok autobusowych, z uwagi na występowanie obciążen długotrwałych, należy przyjąć indywidualnie na terenie miast. Przy bardzo dużym ruchu zalecane jest stosowanie nawierzchni z betonu cementowego, kostki betonowej lub kamiennej przy zastosowaniu podbudowy o wysokiej nośności [47].

Projektowanie nawierzchni drogowej należy zacząć od określenia warunków gruntowo-wodnych. Warunki wodne określa się na podstawie poziomu zwierciadła wody poniżej spodu konstrukcji nawierzchni i przyporządkowuje do jednej z trzech kategorii na podstawie tablicy 7.1. katalogu (złe, przeciętne, dobre). Warunki gruntowe określone są na podstawie wysadzinowości gruntu (tablica 7.2. katalogu) lub na podstawie Kalifornijskiego Wskaźnika Nośności CBR (California Bearing Ratio) wg tablicy 7.3. katalogu i przyporządkowuje się je do jednej z czterech kategorii G1 ÷ G4 na podstawie tablicy 7.4 [47].

Schemat warstw konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu KR4 pokazano na rysunku 10. Stosowanie dodatkowych warstw, takich jak warstwa ulepszonego podłoża, warstwa mrozo-ochronna, odcinająca i odsączająca, uzależnione jest od grupy nośności podłoża oraz warunków dodatkowych (np. rodzaj zastosowanej warstwy na podłożu gruntowym). Typowe rozwiązania dolnych i górnych warstw konstrukcji pokazane są odpowiednio w rozdziale 8. i 9. katalogu [47].

### KR3-KR7



**Rysunek 10:** Schemat układu warstw konstrukcji

(źródło: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych*, opracowanie Katedry Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2014. [47])

### 2.5.3 Wymagania dla skrzyżowań i zjazdów

Na drogach klasy D zgodnie z § 55. Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie dopuszcza się stosowanie jedynie skrzyżowań zwykłych. Wszystkie skrzyżowania powinny mieć kąt przecięcia osi dróg zbliżony do 90°. Dopuszczalne odchylenie wynosi 30° pod warunkiem zachowania odpowiedniej widoczności. Kąt przecięcia osi drogi oraz przejścia dla pieszych lub drogi dla rowerów powinien również być zbliżony do 90° z maksymalnym odchyleniem równym 10° [50].

Na terenie węzła przesiadkowego dopuszcza się także stosowanie rond. W zależności od lokalizacji węzła mogą to być ronda małe (strefy podmiejskie i osiedla miejskie) oraz średnie (strefy podmiejskie). Wymiary poszczególnych rodzajów rond określa tabela 7 na podstawie § 75 rozporządzenia.

**Tabela 7:** Wymiary i zakres stosowania rond

Typ ronda	Średnica wyspy środkowej (m)	Średnica zewnętrzna ronda (m)	Zakres stosowania
mini <sup>1)</sup>	3–5	mniejsza niż 22	osiedla
małe	10(5)–28(33,5)	26(22)–40(45)	drogi klasy GP <sup>2)</sup> , G, Z i L: wloty do miast, strefy podmiejskie, osiedla miejskie, poza terenem zabudowy
średnie	28–50	41–65	drogi klasy GP <sup>2)</sup> i G: poza terenem zabudowy, strefy podmiejskie, wloty do miast
duże	większa niż 50	większa niż 65	drogi klasy S <sup>3)</sup> , GP i G: poza terenem zabudowy

(źródło: Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430) [50])

Wymiary i wymagania dla zjazdów publicznych (obiektów łączących węzeł przesiadkowy z siecią drogową miasta) podane są § 78 rozporządzenia:

„§ 78. 1. Zjazd publiczny powinien być usytuowany zgodnie z wymaganiami określonymi w § 113 ust. 7.

2. Zjazd publiczny:

1) powinien mieć:

a) szerokość nie mniejszą niż 5,0 m, w tym jezdnię o szerokości nie mniejszej niż 3,5 m i nie większą niż szerokość jezdni na drodze,

b) nawierzchnię twardą w granicach pasa drogowego,

c) przecięcie krawędzi nawierzchni zjazdu i drogi wyokrąglone łukiem kołowym o promieniu nie mniejszym niż 5 m,

d) pochylenie podłużne zjazdu w obrębie korony drogi dostosowane do jej ukształtowania,

e) na długości nie mniejszej niż 7,0 m od krawędzi korony drogi pochylenie podłużne zjazdu nie większe niż 5%, a na dalszym odcinku – nie większe niż 12%” [50]

#### **2.5.4 Wyposażenie techniczne dróg**

Wszystkie drogi powinny być wyposażone w urządzenia odprowadzające wodę a ich wymagania i wymiary zależą od klasy drogi. Dla klasy D wymiary te określają się na podstawie deszczu miarodajnego przy prawdopodobieństwie równym  $p = 100\%$ . W przypadku ulic na terenie miast stosowanie rowów odwadniających jest niemożliwe zatem konieczne jest zastosowanie urządzeń ściekowych: przykrawężnikowych, korytkowych lub krytych. Przy odprowadzaniu wody z placów (parkingów) należy podzielić teren na zlewnie o maksymalnej powierzchni  $800 \text{ m}^2$  i pochyleniu minimum  $0,4\%$  [50].

Oświetlenie dróg reguluje rozdział 2 z działu 4 rozporządzenia. Wg § 109 w obrębie skrzyżowań obok przystanków i budynków użyteczności publicznej oraz przejść dla pieszych i dojść do przystanków komunikacji zbiorowej należy stosować oświetlenie dróg i ulic ze względów bezpieczeństwa uczestników ruchu. Słupy oświetleniowe nie powinny być usytuowane dalej niż 0,5 metra od krawężnika na drogach klasy G i niższych [50].

Wymagania dla stanowisk postojowych określa § 116 rozporządzenia i podane są w tabelach 8 i 9.

**Tabela 8:** Wymiary stanowisk postojowych dla samochodów osobowych

Rodzaj pojazdu	Usytuowanie pod kątem ( ${}^{\circ}$ ) <sup>*)</sup>	Długość (m)	Szerokość (m)
Samochód osobowy	90	4,50	2,30
	0	6,00	2,50
Samochód osobowy z przyczepą	0	10,00	2,50
Samochód dla osób niepełnosprawnych	90	4,50	3,60

(źródło: Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430) [50])

**Tabela 9:** Wymiary stanowisk postojowych dla autobusów i pojazdów ciężarowych

Rodzaj pojazdu	Usytuowanie pod kątem ( ${}^{\circ}$ ) <sup>2)</sup>	Długość (m)	Szerokość (m)
Samochód ciężarowy	90	8,00	3,50
	0	15,00	3,00
Autobus	90	10,00	4,00
	0	19,00	3,00
Samochód ciężarowy z przyczepą lub członowy	90 <sup>1)</sup>	19,00	3,50
	60 <sup>1)</sup>	19,00	3,50
	0	30,00	3,00

(źródło: Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430) [50])

## 2.5.5 Zalecenia dla infrastruktury autobusowej i tramwajowej

Wymiary i usytuowanie zatok autobusowych określa Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Wymogi te podane są w § 119., z zastrzeżeniem, że dopuszcza się inne wymiary na drogach niższych klas jeśli konieczne jest ich dostosowanie dla do wymiarów stosowanych pojazdów. Zalecenia te stosuje się także dla zatok na terenie pętli autobusowych.

„§ 119. 8. Zatoka autobusowa powinna być wykonana, z zastrzeżeniem ust. 9, o parametrach nie mniejszych niż:

- 1) długość krawędzi zatrzymania - 20,0 m;
- 2) szerokość zatoki przy jezdni - 3,0 m;
- 3) szerokość zatoki - 3,5 m, jeżeli jest ona oddzielona od jezdni bocznym pasem dzielącym;
- 4) wyokrąglenie załomów krawędzi jezdni łukami o promieniu - 30,0 m;
- 5) szerokość peronu - 1,5 m;
- 6) pochylenie poprzeczne jezdni w zatoce 2,0%, skierowane do krawędzi jezdni

drogi lub zgodnie z jej pochyleniem, w zależności od warunków odwodnienia.

Skos wyjazdowy z drogi nie powinien być większy niż 1 : 8, a skos wjazdowy na drogę nie większy niż 1 : 4.” [50]

Wymiary peronów tramwajowych określa § 120 rozporządzenia. Szerokość peronu powinna być dostosowana do spodziewanej liczby pasażerów w godzinach szczytu ale nie mniejsza niż 3,50 metra gdy dojście do peronu odbywa się z poziomu jezdni lub kładką oraz 4,50 metra gdy dojście odbywa się przejściem podziemnym. Długość peronu nie powinna być mniejsza niż 30 metrów a w przypadku dużego ruchu tramwajów (ponad 30 pojazdów na godzinę) należy zaprojektować peron mieszczący dwa pojazdy jednocześnie. Wysokość peronu powinna być co najmniej na poziomie o 10 centymetrów powyżej główki szyny. Perony powinny łączyć się z poziomem ulic za pomocą ramp o maksymalnym pochyleniu równym 8% aby umożliwić sprawne korzystanie z nich osobom niepełnosprawnym. Perony powinny być odgrodzone od jezdni za pomocą ogrodzenia [50].

Wymiary pętli autobusowych określone są w § 124 rozporządzenia.

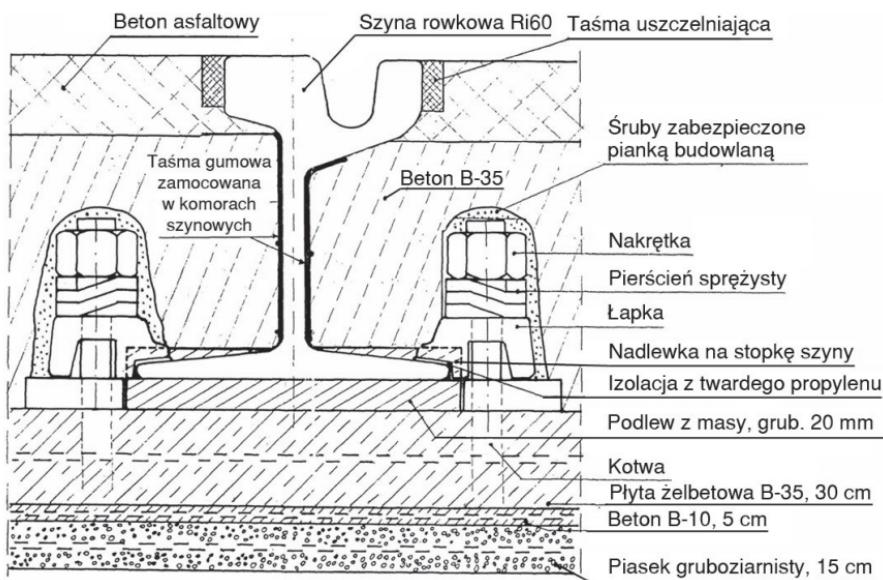
„§ 124. 1. Pętla autobusowa powinna mieć parametry nie mniejsze niż:

- 1) promień wewnętrznej krawędzi jezdni na pętli – 12,0 m;
  - 2) szerokość jezdni – 6,0 m;
  - 3) wyokrąglenie załomu krawędzi jezdni na pętli i jezdni drogi – łukiem o promieniu 20,0 m.
2. Peron przy pętli autobusowej powinien spełniać wymagania określone w § 119 ust. 8.
3. Wyjazd i wjazd na drogę z pętli autobusowej powinny spełniać warunki określone w § 113 ust. 7.”

## 2.6 Wymagania dla infrastruktury tramwajowej

### 2.6.1 Torowisko tramwajowe

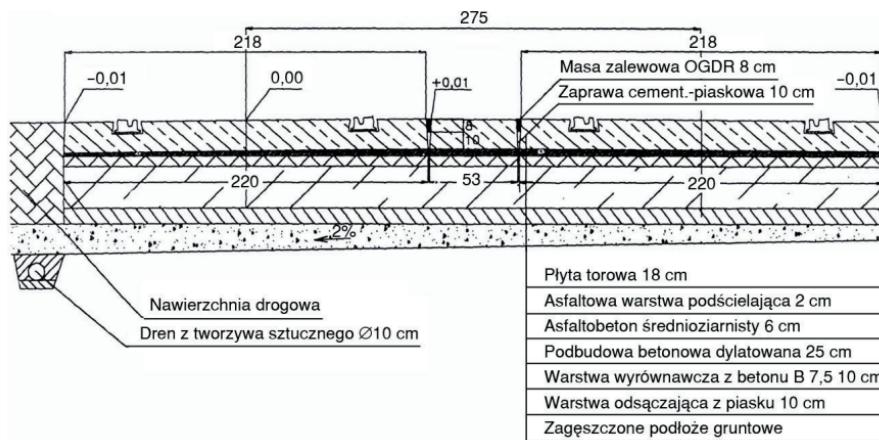
Torowiska tramwajowe można podzielić na wydzielone oraz wspólne. Na terenie węzła przesiadkowego można się spotkać z oboma typami rozwiązań. Torowisko pętli tramwajowej może być wydzielone i być skonstruowane jako wariant podsypkowy lub zabudowany zielenią albo może być w formie torowiska zabudowanego, szczególnie przy zastosowaniu rozwiązania „drzwi w drzwi”.



**Rysunek 11:** Torowisko zabudowane z kotwieniem ciągłym

(źródło: Czauderna T., *Konstrukcje torów tramwajowych*, czasopismo „TTS Technika Transportu Szynowego” nr 9/2004 [4])

Tory zabudowane można zakotwić do podłoża z betonu cementowego a pomiędzy połączeniem zastosować masy thumiące drgania. Kotwienie może być punktowe lub ciągłe. Przekrój toru kotwionego w sposób ciągły pokazano na rysunku 11. Popularnym rozwiązaniem jest tzw „płyta węgierska”. Jest to torowisko z płyt betonowych wyposażonych w rowki służące zamocowaniu specjalnych szyn pozabawionych szyjek. Szyny takie są obłożone gumą aby zapewnić odpowiednią izolację. Rozwiązanie to jest dość niezawodne pod warunkiem odpowiedniego zabezpieczenia płyt przed dostaniem się wody pod powierzchnię. Schemat takiego systemu pokazany jest na rysunku 12.



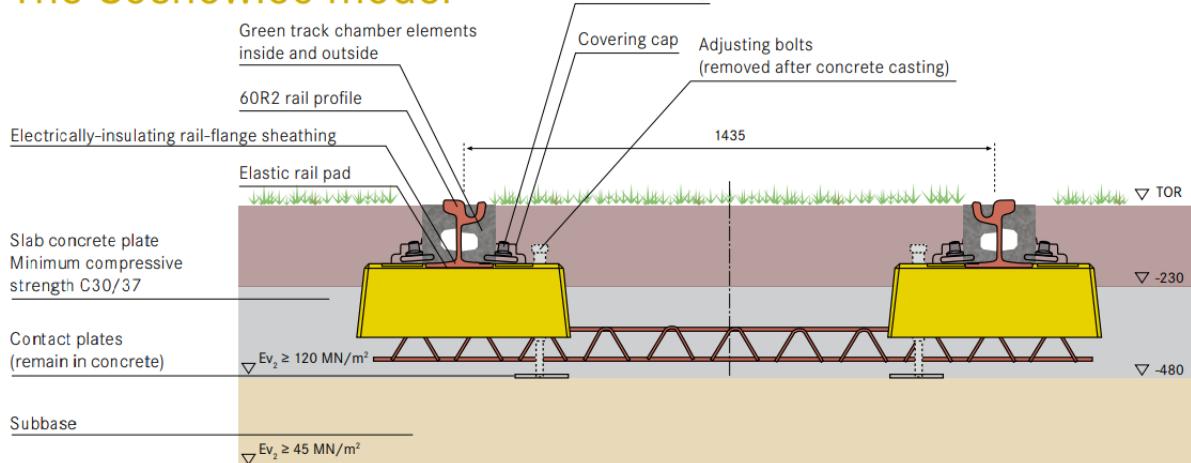
**Rysunek 12:** Torowisko z „pływ węgielskich”

(źródło: Czuderna T., Konstrukcje torów tramwajowych, czasopismo „TTS Technika Transportu Szynowego” nr 9/2004 [4])

Innym rozwiązaniem toru zabudowanego jest zabudowanie przestrzeni międzyszynowych kostką brukową lub płytami betonowymi. Konserwacja w takim przypadku jest ułatwiona bo wymaga jedynie zdjęcia kostki lub płyt betonowych. Szyny można ułożyć na betonie cementowym lub na podkładach [4]. Torowiska zabudowane są zalecanymi na węzłach przesiadkowych ze względu na możliwość zaśmiecenia torowiska odpadami wyrzucanymi przez pieszych.

Popularnym rozwiązaniem jest również zabudowanie torowiska trawą. Szyny schowane są elementach ochronnych i umieszczone na blokach lub podkładach żelbetowych. Ten rodzaj torowiska ma wiele zalet – zmniejsza hałas oraz drgania i poprawia estetykę. Wiele takich torów powstało również w Polsce, w Warszawie, we Wrocławiu czy w Poznaniu. Przykładowe rozwiązanie zastosowane w Sosnowcu pokazano na rysunku 13.

## The Sosnowiec model



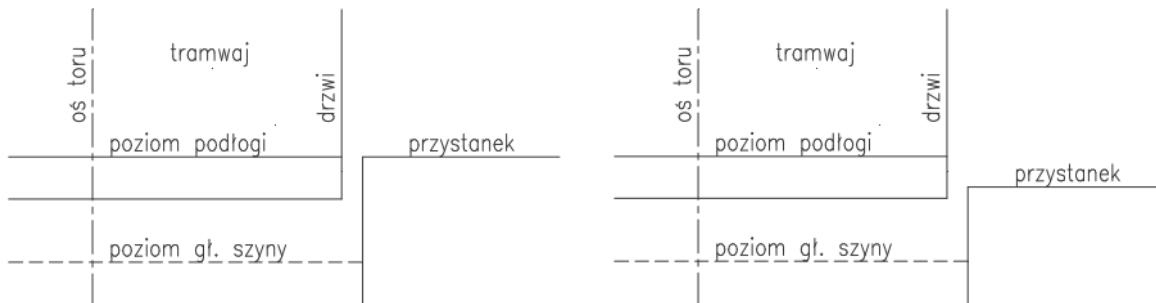
**Rysunek 13:** Torowisko zabudowane trawą w Sosnowcu

(źródło: Rail One, ATD-G and Rheda Green City, the green tracks for urban transit, Sierpień 2014.)

Szerokości torowiska w przypadku torowisk dwutorowych wynoszą 7,80 metra dla torowiska ze słupami trakcyjnymi na międzytorzu, 7,40 metra z ogrodzeniem na międzytorzu oraz 6,80 metra dla torowisk bez słupów i ogrodzeń. Daje to odległość między osiami torów równą 3,90 metra w przypadku słupów w międzytorzu. Od krawędzi pojazdu należy jeszcze zastosować 0,75 metra odstępu, jest to tzw „zewnętrzny pas bezpieczeństwa”. Dopuszcza się jego zmniejszenie do 0,50 metra jeśli co 20 metrów zapewni się chwilowo wymagane 0,75 metra [22]

## 2.6.2 Przystanki i perony tramwajowe

Przystanki tramwajowe są kolejnym, poza przystankami autobusowymi, elementem przy którego projektowaniu powinno się wziąć pod uwagę głównie potrzeby i wymagania pieszych. Przystanki i perony tramwajowe wykonywane obecnie wyposażają się w rampy zamiast schodów umożliwiając bezproblemowe korzystanie osobom niepełnosprawnym i ograniczonym ruchowo, obniża się krawężniki i stosuje urządzenia bezpieczeństwa takie jak ogrodzenia i balustrady. Z punktu widzenia wygody wsiadania i wysiadania dwoma najważniejszymi kryteriami przy projektowaniu przystanków tramwajowych są odległość krawędzi peronu od pojazdu oraz wysokość krawędzi peronu w stosunku do poziomu podłogi taboru [18].



**Rysunek 14:** Schemat rozwiązań przystanków tramwajowych

(źródło: Makuch J., *Projektowanie przystanków tramwajowych dla bezpieczeństwa i wygody pasażerów*, X Konferencja Naukowo-Techniczna „Drogi Kolejowe '99” Spała, 13-15 października 1999. [18])

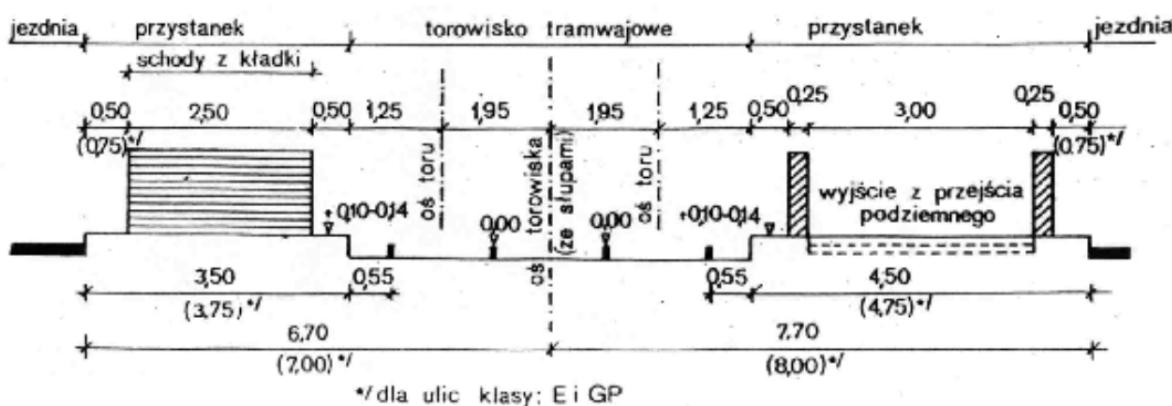
Najlepszym rozwiązaniem jest zrównanie poziomu peronu z poziomem podłogi pojazdu szynowego (rysunek 14 po lewej). Pozwala to na najwygodniejsze wsiadanie do tramwaju. Odległość pomiędzy wejściem do tramwaju a peronem nie powinna być za mała, z uwagi na możliwe niedokładności wykonania peronu lub pojazdu, oraz zbyt duża. Istnieje ryzyko, że w zbyt duży otwór może wpaść stopa dziecka lub kółko wózka inwalidzkiego. Optymalną odległością jest około 5 cm. Zastosowanie takiego rozwiązania w przypadku klasycznych tramwajów może być problematyczne gdzie drzwi otwierają się na zewnątrz. Problemem jest także sytuacja gdy przystanek zlokalizowany w łuku, wtedy otwór pomiędzy drzwiami a peronem może się znacznie powiększyć i stanowić zagrożenie dla wsiadających pasażerów [18].

W drugim rozwiążaniu (rysunek 14 po prawej) występuje niewielka różnica o wysokości kilku centymetrów. Możliwość wsiadania osób niepełnosprawnych zapewniona jest przez wysuwaną pochylnię z poziomu podłogi pojazdu (uruchamianą przez osobę na wózku lub motorniczego) albo przez obniżenie progu w wyznaczonych wejściach do tramwaju, najczęściej jest to jedne wejście na początku pojazdu [18].

Problemem przy projektowaniu komfortowych peronów tramwajowych jest zróżnicowany tabor. We Wrocławiu kursuje regularnie osiem typów pojazdów – najstarszy z nich, Konstal 105Na, pojawił się już w roku 1975. Ich szerokość waha się od 2355 mm (Protram 204) do 2460 mm (Skoda 19 T). Wysokość podłogi tych pojazdów również jest bardzo różna.

Wrocławskie wytyczne MPK z roku 2008 zalecają stosowanie peronów o wysokości 15 cm powyżej główk szyny. Wartość ta nie jest jednak komfortowa zważywszy na fakt, że większość taboru wrocławskiego ma poziom podłogi zdecydowanie większy – przykładowo Skoda 16T ma poziom podłogi na wysokości 24,5 cm nad główką szyny.

Szczegółowe wymiary przystanków tramwajowych określone są w Wytycznych Projektowania Ulic. Szerokość peronu zależy od sposobu dojścia do niego. Perony z dojściem naziemnym oraz nadziemnym (kładka) muszą mieć minimum 3,50 metra szerokości zaś perony z dojściem podziemnym (tunel) minimum 4,50 metra. Długość peronu tramwajowego to co najmniej 30 metrów, a w przypadku stosowania taboru z trzema wagonami 45 metrów. Przy dużym natężeniu ruchu tramwajów można przedłużyć peron do 60 lub 90 metrów. Schemat peronu wraz z wymiarami pokazano na rysunku 15. Odległość osi toru od krawędzi peronu to co najmniej 1,25 metra.



**Rysunek 15:** Schemat peronu tramwajowego

(źródło: Oleksiewicz W., Żurawski S., *Drogi szynowe, podstawy projektowania linii i węzłów tramwajowych*, Zakład Inżynierii Komunikacyjnej Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004. [22])

### 2.6.3 Prowadzenie toru w planie

Projektowanie linii tramwajowych różni się od projektowania linii kolejowych. Podstawowe różnice wynikają z mniejszych prędkości oraz mas pojazdów. W torach tramwajowych nie stosuje

się poszerzeń na łukach poziomych (należy jedynie uwzględnić poszerzenie skrajni) oraz stosuje się prostsze warianty krzywych przejściowych.

Minimalne promienie łuków na torach tramwajowych wynoszą 50 metrów przy czym dopuszcza się stosowanie łuków o promieniach 25 metrów na terenie skrzyżowań, zajezdni i pętli. Łuki powinny być wyposażone w krzywe przejściowe. W przypadku linii tramwajowych można stosować parabole trzeciego stopnia lub łuki przejściowe. Parabola trzeciego stopnia opisana jest równaniem 3 gdzie wartość  $C$  stosuje się w granicach od 250 do 1000 [27].

$$y = \frac{x^3}{6 \cdot C} \quad (3)$$

W przypadku łuków o małym promieniu można stosować krzywe przejściowe w postaci łuków przejściowych. Promień łuku przejściowego jest wtedy dwukrotnie większy niż promień zasadniczy. Najczęściej stosuje się łuki o promieniu 50 metrów z łukami przejściowymi o promieniach 50 metrów. Długością zalecaną łuku przejściowego jest 6 metrów.

Przy projektowaniu łuków poziomych należy również uwzględnić przechyłkę, która będzie równoważyć siły dośrodkowe działające na pojazd. Przechyłka ta wynika ze wzoru 4, gdzie  $\psi$  oznacza przyspieszenie dośrodkowe,  $V_{\max}$  – maksymalną prędkość tramwaju na torze,  $R$  – promień łuku kołowego, a  $L$  – długość krzywej przejściowej. Dopuszczalna wartość przyspieszenia dośrodkowego wynosi  $\psi_{\max} = 0.5 \text{ m/s}^2$  [27].

$$\psi = \frac{V_{\max}^3}{R \cdot L} \leq \psi_{\max} \quad (4)$$

Przechyłka stosowana na torze wydzielonym obliczana być może za pomocą wzoru 5, gdzie  $h$  oznacza wysokość przechyłki. Zmianę wysokości realizuje się przez podniesienie toru zewnętrznego w łuku. W przypadku torowiska wspólnego (np. z jezdnią) możliwe jest dobranie przechyłki na podstawie minimalnej wartości. Maksymalna wartość przechyłki to 150 mm. Wartości minimalne przechyłki przedstawiono w tabeli 10.

$$h = \frac{8 \cdot V_{\max}^2}{R} \quad (5)$$

**Tabela 10:** Wartości przechyłek na torach tramwajowych o szerokości 1435 mm

promień łuku R [m]	prędkość [km/h]								
	10	15	20	25	30	40	50	60	70
<20		(25) 44	100						
20		(20) 40	(114) 90						
25		(20) 32	(70) 72	128					
30		(20) 27	(34) 60	(123) 107					
35		(20) 25	(87) 91	143					
40		(20) 20	(60) 45	125	(143)				
50		(20) 36	100	(87) 54	144				
75		(30) 24	96	(140)					
100		(20) 32	72	(59) 50	128				
150		(20) 20	85	(62) 48	133	(148)			
200		(20) 25	100	(72) 36	144	(149)			
300		(20) 24	96	(43) 43	131				
400		(20) 32	72	(20) 50	98				
500		(20) 25	58	(43) 40	78				
750		(20) 27	38	(43) 38	52				
1000		(20) 20	29	(43) 29	39				
2000									20

(źródło: Oleksiewicz W., Żurawski S., *Drogi szynowe, podstawy projektowania linii i węzłów tramwajowych*, Zakład Inżynierii Komunikacyjnej Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004. [22])

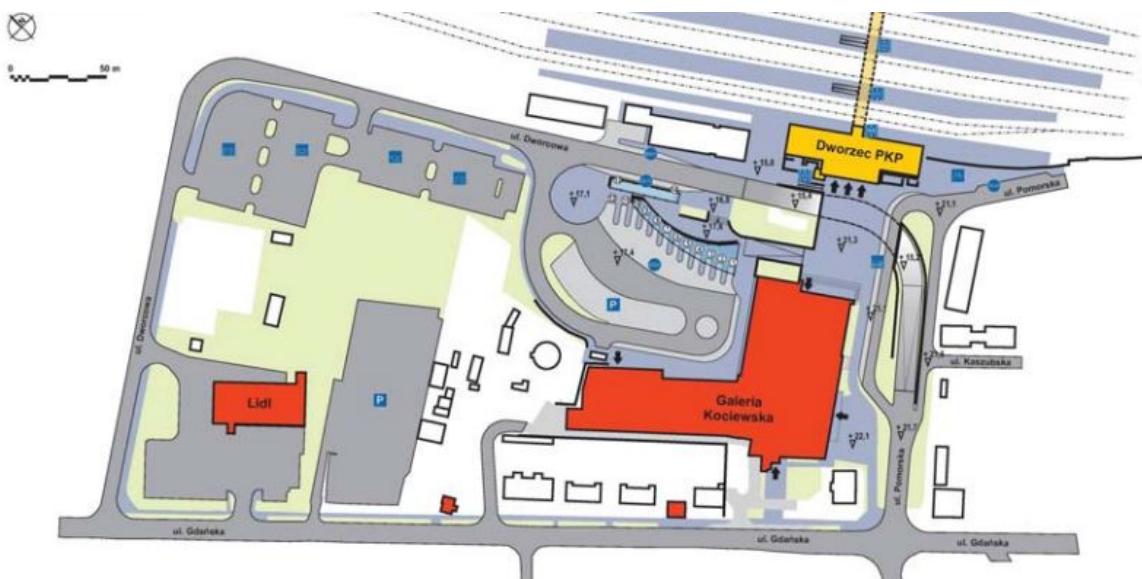
## **2.7 Ciągi piesze i rowerowe**

### **2.7.1 Zalecenia ogólne**

Najważniejszym użytkownikiem węzła przesiadkowego jest pieszy i to jemu powinien być podporządkowany układ dworca. Dokładna analiza ruchu pieszych pozwala na określenie wymaganych szerokości chodników, ewentualnych schodów, ramp oraz usytyuowanie i szerokość peronów. Układ chodników i ścieżek powinien być maksymalnie czytelny dla pieszego, tj. prostoliniowy i intuicyjny. Wszelkie przecięcia z jezdnią powinny być pokonywane prostopadle oraz należy unikać zmian poziomu czyli schodów, ramp i przejść podziemnych lub nadziemnych [38]. Cały układ powinien być zwarty architektonicznie i przemyślany, aby nie było w nim punktów, z których nikt nie korzysta oraz punktów nadmiernie załoczonych. Aby całość była atrakcyjna wizualnie i użytkowo należy pamiętać o odpowiedniej liczbie ławek, wiat, koszy na śmieci oraz tablic informacyjnych.

Jeśli chodzi o ciągi piesze w ujęciu osób niepełnosprawnych należy stosować jak najmniejszą liczbę schodów oraz ostrych podejść. Wszelkie konieczne zmiany poziomów powinny się odbywać za pomocą łagodnych pochylni (o maksymalnie kilkuprocentowym spadku). Korzystając z doświadczeń płynących z istniejących węzłów przesiadkowych, należy unikać stosowania podnośników przyschodowych dla osób niepełnosprawnych. Są one praktycznie nieużytkowane, nie spełniają swoich funkcji i dodatkowo są przeszkodą dla osób korzystających ze schodów [38].

Dobrym przykładem trzymania się tych zasad jest zintegrowany dworzec przesiadkowy w Tczewie (kolej+autobus), którego rzut pokazany jest na rysunku 16. Różnica poziomów pomiędzy częścią autobusową a dojściem do dworca PKP wynosi prawie 4 metry i jest realizowana przez rampę o stałym pochyleniu dzięki czemu cały obiekt jest bezproblemowo dostępny również dla osób niepełnosprawnych. Kosztem utrzymania niedużych różnic poziomów jest konieczność poprowadzenia drogi dojazdowej tunelem pod ciągiem pieszym. Jest to rozwiązanie droższe ale bardzo komfortowe dla pieszych.



**Rysunek 16:** Rzut zintegrowanego węzła przesiadkowego w Tczewie

(źródło: Załuski D., *Zintegrowane węzły przesiadkowe przy małych dworcach kolejowych*, „TTS Technika Transportu Szynowego” str. 62–68, nr 21, 2014. [38])

Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02.03.1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430) podaje dodatkowe wymagania przy projektowaniu chodników dla pieszych. Usytuowanie chodnika przy drogach klasy Z, L i D może być bezpośrednio przy jezdni. Maksymalne pochylenie chodników określone jest w § 45 jako 6%. Zaś pochylenie podłużne powinno wynosić od 1% do 3% [50].

- „§ 44. 1. Chodnik powinien mieć szerokość dostosowaną do natężenia ruchu pieszych, z zastrzeżeniem ust. 3.
- 2. Szerokość chodnika przy jezdni lub przy pasie postojowym nie powinna być mniejsza niż 2,0 m, a w wypadku przebudowy albo remontu drogi dopuszcza się miejscowe zmniejszenie szerokości chodnika do 1,25 m, jeżeli jest on przeznaczony wyłącznie do ruchu pieszych.
- 3. Szerokość chodnika powinna być odpowiednio zwiększena, jeżeli oprócz ruchu pieszych jest on przeznaczony do usytuowania urządzeń technicznych, w szczególności podpór znaków drogowych, słupów, drzew, wejść lub zjazdów utrudniających ruch pieszych.
- 4. Szerokość chodnika odsuniętego od jezdni lub szerokość samodzielnego ciągu pieszego nie powinna być mniejsza niż 1,5 m, a dopuszcza się miejscowe zmniejszenie szerokości chodnika do 1,0 m, jeżeli jest on przeznaczony wyłącznie do ruchu pieszych.
- 5. Długość chodnika usytuowanego w ciągu przejść dla pieszych między jezdiami lub między jezdnią a torowiskiem tramwajowym powinna wynosić nie mniej niż

2,0 m.

6. Urządzenia na chodniku, w szczególności podpory znaków drogowych, słupy oświetleniowe należy tak usytuować, aby nie utrudniały użytkowania chodnika, w tym przez osoby niepełnosprawne.” [50]

W innych krajach minimalne szerokości chodnika są podobne do wymagań polskich. W Anglii nie ma prawnie określonych minimalnych wartości szerokości chodników, ale są one zalecane m. in. w poradnikach projektowania dróg jako dwa metry [37]. W USA minimalna wartość zalecana wynosi 6 stóp, czyli około 1,8 metra [44].

Warto nadmienić, że jest to szerokość minimalna. W przypadku węzłów przesiadkowych ruch pieszych jest wzmożony, liczba pieszych uzależniona jest od wielkości węzła i liczby połączonych z nim linii. Poza tym, ruch pieszych jest mniej płynny niż w przypadku chodników przydrogowych – piesi spieszą się do pracy, często niosą torby i walizki, a wielu z nich dobiera się do przystanków aby zdążyć na odjeżdżający tramwaj lub autobus. Dodatkowym faktem jest nierównomierne rozłożenie ruchu pieszych w czasie. Liczba użytkowników chodnika zwiększa się w okresach przyjazdu i odjazdu pojazdów komunikacji zbiorowej. Biorąc pod uwagę te fakty, konieczne jest zatem zastosowanie szerszych chodników (niż postulowane dwa metry) na terenie węzłów przesiadkowych.

Wymagania dla ścieżek rowerowych określone są w rozdziale 9 rozporządzenia [50]. Ścieżka rowerowa powinna być tak usytuowana aby zapewniać bezpieczeństwo jej użytkownikom oraz spełniać przepisy dotyczące chodników. Szerokości minimalne określone są w § 47.

„§ 47. 1. Szerokość ścieżki rowerowej powinna wynosić nie mniej niż:

- 1) 1,5 m – gdy jest ona jednokierunkowa;
- 2) 2,0 m – gdy jest ona dwukierunkowa;
- 3) 2,5 m – gdy ze ścieżki jednokierunkowej mogą korzystać piesi.

2. Szerokość ścieżki rowerowej należy ustalać indywidualnie, jeżeli oprócz prowadzenia ruchu rowerowego pełni ona inne funkcje” [50]

## **2.7.2 Poziom swobody ruchu pieszych**

Wyznaczenie szerokości minimalnej aby ruch pieszych był płynny zależy od natężenia ruchu pieszych, motywacji pieszych i ich cech indywidualnych oraz od oczekiwanej poziomu swobody ruchu. Prędkość poruszania się pieszych zależy jest od celu podróży oraz wieku i płci. Do obliczeń ruchu na obszarze węzła przesiadkowego można przyjąć prędkość  $V_p = 1.49 \text{ km/h}$ .

Przepustowość ruchu pieszych na chodniku określa się jako liczbę pieszych w czasie wg wzoru [2]:

$$C_p = \frac{L_p}{t} \quad (6)$$

Liczba pieszych można obliczyć ze wzoru [2]:

$$L_p = k \cdot V_p \cdot B \cdot t \quad (7)$$

Gdzie  $k$  – gęstość ruchu pieszego ( $\text{os}/\text{m}^2$ ),  $V_p$  – prędkość pieszych ( $\text{m}/\text{s}$ ),  $B$  – efektywna szerokość przekroju urządzenia dla pieszych (m),  $t$  – okres czasu (s). Dla ustalenia przepustowości należy ustalić gęstość i prędkość ruchu pieszych [2]:

$$k = \frac{Q_p}{V_p} \quad (8)$$

Poziomy swobody ruchu pieszych, tak jak dla ruchu samochodowego, są oznaczone literami alfabetu gdzie poziom A oznacza największą swobodę ruchu. Wszystkie poziomy pokazane są w tabeli 11.

**Tabela 11:** Poziomy swobody ruchu pieszych

PSR	Pow. na 1 osob [m <sup>2</sup> /os]	Gęstość [os/m <sup>2</sup> ]	$k$	Warunki ruchu
A	$\geq 5.5$		$0 \div 0.1$	Swoboda poruszania się, brak konieczności zmiany toru ruchu
B	$3.7 \div 5.5$		$0.1 \div 0.25$	Sporadyczna konieczność zmiany toru ruchu
C	$2.2 \div 3.7$		$0.24 \div 0.4$	Częsta konieczność zmiany toru ruchu
D	$1.4 \div 2.2$		$0.4 \div 0.7$	Ograniczenie prędkości poruszania oraz możliwość wyprzedzania wolniejszych pieszych
E	$0.8 \div 1.4$		$0.7 \div 1.8$	Ograniczenie prędkości poruszania, przy bardzo ograniczonej możliwości wyprzedzania wolniejszych pieszych
F	$\leq 0.8$		$\geq 1.8$	Bardzo duże ograniczenie prędkości poruszania, częsty kontakt z innymi pieszymi

(źródło: Bocheńska-Niemiec A., Cebrat K., Kusowska K., Romanik A., Tyrka Ł., Walter E., Wiszniewski J., *Wrocławskie standardy kształtowania przestrzeni miejskich przyjaznych pieszym*, Gmina Wrocław, maj 2017 [2])

### 2.7.3 Wytyczne dla miasta Wrocław

Aby zapewnić komfort poruszania się pieszych i rowerzystów należy stosować odpowiednie nawierzchnie chodników i dróg rowerowych. We Wrocławiu zalecane jest stosowanie siedmiu

podstawowych rodzajów nawierzchni wyszczególnionych w Katalogu Standardów Nawierzchni Chodników dla Wrocławia [10].

Nawierzchnie chodników na obszarze staromiejskim:

- Typ A/1 – „Chodnik z płyt kamiennych nowych w połączeniu z kostką granitową nową (stosuje się obowiązkowo w obszarze centralnym oraz gdy wymagają tego zalecenia konserwatorskie, zalecane w obszarze śródmiejskim)” [2]
- Typ A/2 – „Chodnik z płyt kamiennych nowych w połączeniu z kostką staroużyteczną (stosuje się tak jak typ A/1)” [2]
- Typ B – „Chodniki/place z płyt kamiennych 50x50x7
- Typ C – „Chodniki z płyt kamiennych staroużytecznych w połączeniu z kostką granitową (stosuje się tak jak typ A/1)” [2]

Nawierzchnie chodników poza obszarem staromiejskim:

- Typ D – „Chodniki z płyt betonowych 50x50x7, 35x35x5 (rodzaj nawierzchni zalecany w przypadku, gdy chodnik nie przylega bezpośrednio do jezdni, czy linii zabudowy, poza obszarem śródmiejskim)” [2]
- Typ E – „Chodniki z płyt betonowych 50x50 z opaską z kostki betonowej (stosowana w obszarach, w których chodnik przylega bezpośrednio do jezdni i/lub zabudowy wielorodzinnej (sytuacja występująca najczęściej w strefie śródmiejskiej) oraz na ulicach z dużą ilością naziemnej infrastruktury technicznej)” [2]
- Typ F – „Chodniki z kostki betonowej bez faz (alternatywa dla nawierzchni z płyt betonowych, na ulicach układu podstawowego i uzupełniającego; poza obszarem centralnym i śródmiejskim, stosowanie nawierzchni z kostki betonowej i kamiennej dopuszcza się na: zjazdach, ale tylko w miejscowościach, w których wjazd nie jest przeciety przez ciąg pieszy albo rowerowy – pasy te mają zachowywać ciągłość nawierzchni; częściach chodnika przylegających do jezdni, na których dopuszczony jest postój pojazdów; ostrych łukach poziomych chodników oraz całych odcinkach chodników o dużej krętości)” [2]

Są to nawierzchnie typu kostkowego, jednak dopuszcza się także stosowanie nawierzchni typu ciągłego.

- Ciągi z nawierzchnią bitumiczną – „stosowana na obszarze całego miasta, przeznaczona wyłącznie dla ścieżek rowerowych i ciągów pieszo-rowerowych. Należy unikać wyznaczania wspólnych ciągów dla pieszych i rowerzystów, o nawierzchni bitumicznej, na obszarach centrum i śródmieścia. Zalecany obszar stosowania: tereny rekreacyjne - jako podstawowy rodzaj nawierzchni na ciągach pieszo-rowerowych; obszary peryferyjne, charakteryzujące się niewielkim ruchem pieszym i rowerowym; ciągi pieszo-rowerowe, przebiegające w oddaleniu od zabudowań, z przewagą ruchu rowerowego. Zaleca się unikać lokalizacji sieci podziemnych pod ciągami o nawierzchni bitumicznej” [2].
- Chodnik o nawierzchni z kruszywa mineralnego – „rekommendowany dla ciągów pieszych i pieszo-rowerowych o niewielkim natężeniu ruchu, na terenach rekreacji i miejskich skwerach” [2].
- Chodnik o nawierzchni z mieszanki żywiczno-mineralnej – „Zalecane stosowanie w miejscowościach, z których trudno jest odprowadzić wodę opadową: tereny rekreacyjne, zwłaszcza główne ciągi piesze i rowerowe - o dużym natężeniu ruchu; miejskie skwery, place zabaw, boiska; obszary i pasy pozakomunikacyjne, w przekroju ulicy, przeznaczone na strefy aktywności społecznych; otoczenie drzew sadzonych w pasach bocznych chodników. Odradza się lokalizowania sieci podziemnych pod ciągami o nawierzchni mineralno-żywicznej” [2].

#### **2.7.4 Przejścia dla pieszych**

Przejścia dla pieszych dzielą się na dwie kategorie: kolizyjne przejścia naziemne (z sygnalizacją świetlną lub bez) oraz bezkolizyjne (podziemne – tunele lub nadziemne – kładki). Szerokość naziemnego przejścia dla pieszych określa § 127 Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie i nie powinna ona być mniejsza niż 4 metry. Szerokość przejścia podziemnego to minimum 4,50 metra zaś nadziemnego 3,00 metra. Połączenie chodnika z jezdnią w przypadku przejścia naziemnego powinno się składać z rampy o szerokości co najmniej 0,90 metra i o pochyleniu maksymalnie 15% [50].

## **2.8 Obsługa osób niepełnosprawnych oraz starszych**

Ze względu na to, że osoby starsze i niepełnosprawne często nie są w stanie samodzielnie korzystać z samochodów lub sprawia im to duży problem, decydują się one w dużej mierze na korzystanie z komunikacji publicznej. Konieczne jest zatem dostosowanie infrastruktury publicznej do specyficznych wymagań, tak aby osoby te mogły komfortowo korzystać z komunikacji zbiorowej oferowanej przez miasto. Dotyczy to także węzłów przesiadkowych.

W skład udogodnień służących poprawie komfortu użytkowania przez osoby z ograniczonymi możliwościami ruchowymi zalicza się wiele urządzeń oraz rozwiązań architektoniczno-budowlanych, które powinny być uwzględnione już na etapie projektowania węzła przesiadkowego. Są to m. in. urządzenia do obsługi osób niepełnosprawnych (chodniki ruchome, schody ruchome, dźwigi osobowe i podnośniki przyschodowe), obiekty budowlane takie jak rampy i pochylnie dla osób niepełnosprawnych, a także odpowiednie rozwiązania budowlane jak minimalizacja różnic poziomów koniecznych do pokonania, odpowiednie wysokości i szerokości schodów, stopni, progów i uskoków, minimalizacja odległości pomiędzy elementami węzła i zastosowanie odpowiedniej szerokości ciągów pieszych [45].

Pochylnie są zalecaną formą realizacji różnicy poziomów w przypadku osób niepełnosprawnych. Są niezawodne i tanie w utrzymaniu, choć zajmują więcej miejsca niż dźwigi osobowe. Wymiary pochylni przeznaczonych dla osób niepełnosprawnych określa § 71 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

„§ 71. 1. Pochylnie przeznaczone dla osób niepełnosprawnych powinny mieć szerokość płaszczyzny ruchu 1,2 m, krawężniki o wysokości co najmniej 0,07 m i obustronne poręcze odpowiadające warunkom określonym w § 298, przy czym odstęp między nimi powinien mieścić się w granicach od 1 m do 1,1 m.

2. Długość poziomej płaszczyzny ruchu na początku i na końcu pochylni powinna wynosić co najmniej 1,5 m.

3. Powierzchnia spoczynka przy pochylni dla osób niepełnosprawnych poruszających się na wózkach inwalidzkich powinna mieć wymiary co najmniej 1,5 x 1,5 m poza polem otwierania skrzydła drzwi wejściowych do budynku.

4. Krawędzie stopni schodów w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych i użyteczności publicznej powinny wyróżniać się kolorem kontrastującym z kolorem posadzki.” [51]

Zaś pochylenia dopuszczalne przez przepisy określone są w § 70 rozporządzenia i pokazane w tabeli 12.

**Tabela 12:** Maksymalne nachylenie pochylni

Przeznaczenie pochylni	Usytuowanie pochylni	
	na zewnątrz, bez przekrycia % nachylenia	wewnątrz budynku lub pod dachem % nachylenia
1	2	3
Do ruchu pieszego i dla osób niepełnosprawnych poruszających się przy użyciu wózka inwalidzkiego, przy wysokości pochylni:		
a) do 0,15 m	15	15
b) do 0,5 m	8	10
c) ponad 0,5 m <sup>*)</sup>	6	8
Dla samochodów w garażach wielostanowiskowych:		
a) jedno- i dwupoziomowych	15	20
b) wielopoziomowych	15	15
Dla samochodów w garażach indywidualnych	25	25

(źródło: Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [51])

Stosowanie dźwigów osobowych (wind) i podnośników przyschodowych jest odradzane z uwagi na dużą awaryjność tych urządzeń i wysokie koszty eksploatacji. Podobnie jest w przypadku schodów i chodników ruchomych. Nie jest możliwe zastosowanie ich na zewnątrz a ich wykorzystanie przez osoby niepełnosprawne jest bardzo mała.

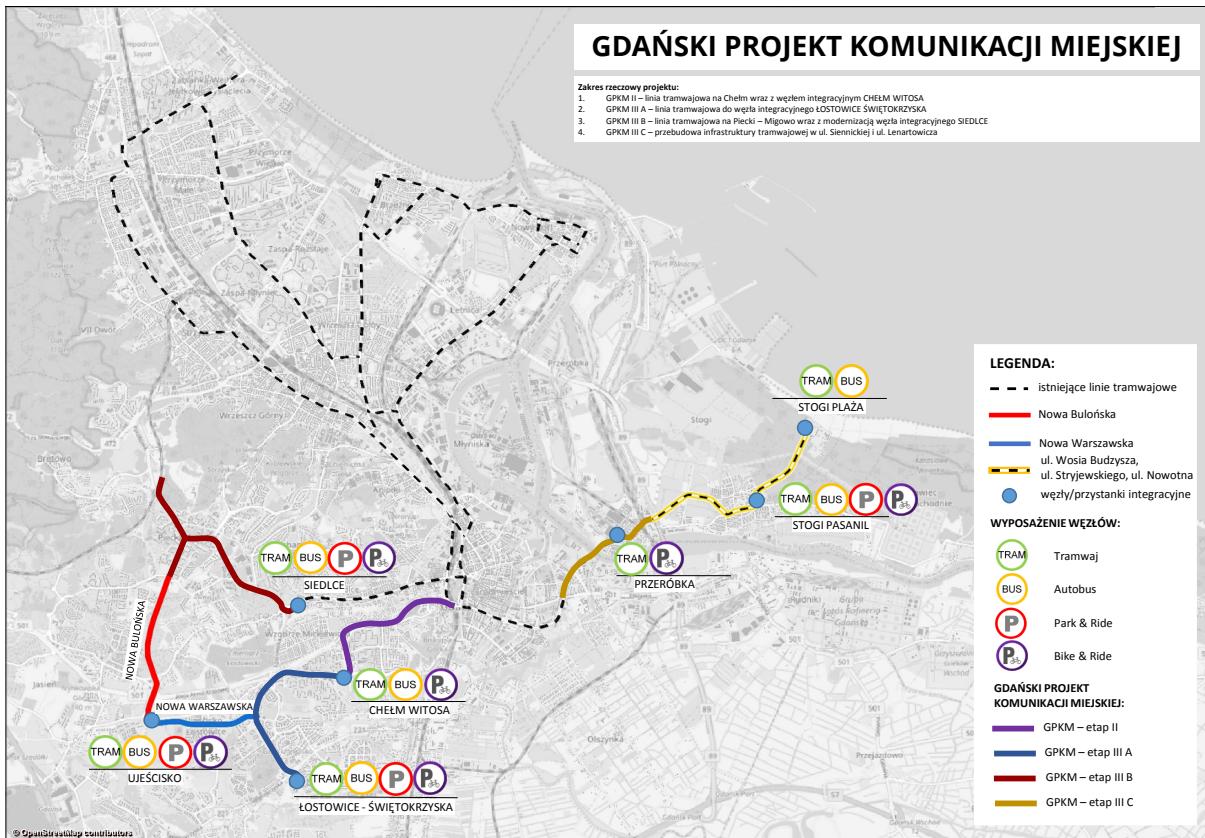
Duże znaczenie dla osób niepełnosprawnych ma odpowiednia infrastruktura peronów autobusowych i tramwajowych. Nawierzchnia peronów powinna być pokryta materiałem antypoślizgowym oraz wyposażona w płytki ostrzegawcze z wypustkami przy krawędziach. Nawierzchnie chodników i innych ciągów pieszych powinny być wyposażone w specjalne płyty kierujące dla osób niewidomych lub niedowidzących. Wysokość peronów powinna być tak dobrana aby zminimalizować różnicę poziomów pomiędzy peronem a pojazdem komunikacji. Dzięki takiemu rozwiązaniu przejazd wózkiem lub wejście osoby starszej do pojazdu będzie komfortowe.

Wszystkie urządzenia służące osobom niepełnosprawnym powinny być specjalnie oznaczone za pomocą odpowiednich pictogramów. Na terenie węzła należy także rozważyć stosowanie powierzchni malowanych informujących o niebezpieczeństwach na przykład w pobliżu peronów. Przejścia dla pieszych powinny być dobrze widoczne i, w przypadku przejść z sygnalizacją, wyposażone w system nadawania sygnałów dźwiękowych.

### **3 Studia istniejących rozwiązań**

### 3.1 Pętla Łostowice-Świętokrzyska, Gdańsk

Węzeł tramwajowo-autobusowy Łostowice-Świętokrzyska został oficjalnie otwarty 11 maja 2012 roku, a pierwsze połączenia ruszyły dzień później 12 maja [7]. Znajduje się on w dzielnicy Chełm przy skrzyżowaniu ulicy Świętokrzyskiej i alei Vaclava Havla. W inwestycji razem z pętlą został wykonany odcinek trasy tramwajowej w ciągu ulicy Świętokrzyskiej. Lokalizację węzła w odniesieniu do układu tramwajowego miasta pokazano na rysunku 17.



**Rysunek 17:** Lokalizacja węzła Łostowice-Świętokrzyska (Gdańsk)

(źródło: <https://www.edroga.pl>)

Budowa linii tramwajowej wraz z pętlą była realizowana przez spółkę miejską Gdańskie Inwestycje Komunalne i trwała od listopada 2010 roku do maja 2012. Budowa ta była częścią wykonaną w ramach programu inwestycyjnego – Gdańskiego Projektu Komunikacji Miejskiej (GPKM) etap III A. Jest to projekt rozwoju gospodarczo-społecznego regionu pomorskiego, którego głównym beneficjentem było miasto Gdańsk. Wartość projektu to 667 mln złotych, z czego około 408 mln zostało dofinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Spójności (Program Infrastruktura i Środowisko). Wykonawcą inwestycji było konsorcjum dwóch firm: Firma Budowlano-Drogowa MTM S.A. oraz Trakcja Polska S.A. [59].

W ramach całego podetapu GPKM zrealizowano [59]:

- „wydłużenie linii tramwajowej z dzielnicy Chełm do nowej pętli tramwajowej na skrzyżowaniu al. Havla i ul. Świętokrzyskiej w dzielnicy Gdańsk Południe, która przebiega ul. Witosa i al. Havla, odcinek o długości 3,35 km
- modernizację 12 odcinków istniejących torowisk, o łącznej długości 12,06 km
- budowę i przebudowę urządzeń elektroenergetycznych zasilających trakcję tramwajową
- przebudowę zajezdni tramwajowej Wrzeszcz
- zakup taboru tramwajowego – 35 nowoczesnych składów tramwajowych firmy PESA
- wybudowanie omawianej pętli autobusowo-tramwajowej.” [59]

Konieczność przeprowadzenia inwestycji budowy nowej linii tramwajowej i pętli Łostowice-Świętokrzyska wynikała z bardzo szybkiego rozwoju dzielnicy Chełm. Jest to dzielnica, która w latach 1998-2006, charakteryzowała się jednym z największych wskaźników zmiany liczby mieszkańców – z 43 tys. w roku 1998 do 52 tys. w roku 2006, co stanowiło wzrost o ok. 20% [21]. Pomimo tak dużej liczby mieszkańców brak było bezpośredniego połączenia tramwajowego z centrum miasta.

Gdańsk jest miastem o problematycznym układzie drogowym. Ze względu na niekorzystne ukształtowanie terenu – wzgórza morenowe – liczba dróg pozwalająca na dojazd z i do zachodnich i południowych części miasta jest niewystarczająca. Powoduje to duże załoczenie istniejących tras. Z tego powodu konieczne było lepsze połączenie tych rejonów z komunikacją publiczną, w szczególności tramwajową, gdyż analiza pokazuje, że mieszkańcy preferują korzystanie ze środków transportu indywidualnego w przypadku gdy dostępna jest jedynie alternatywa autobusowa. Dostępne połączenia autobusowe, które dojeżdżały do okolic nieistniejącego jeszcze węzła przez ulicę Łódzką (obecnie: aleja Vaclava Havla) obsługiwały nawet po 11 tysięcy pasażerów dziennie, co pokazane jest na rysunku 18, który powstał na podstawie obliczeń wykonanych po etapie II GPKM w roku 2008. Biorąc pod uwagę dynamiczny wzrost liczby mieszkańców omawianego rejonu uznano za konieczne dostarczenie alternatywy dla połączeń autobusowych, w postaci nowej trasy tramwajowej, która jak przyjęto, miała przejąć aż do 85% obecnego wówczas potoku obsługiwany przez autobusy.



**Rysunek 18:** Natężenie ruchu autobusowego w okolicach węzła Łostowice-Świętokrzyska

(źródło: Mordak R., WYG International Sp. z o.o., *Studium wykonalności dla zadań inwestycyjnych i modernizacyjnych przewidzianych do realizacji w latach 2008-2011*, Gdańsk Projekt Komunikacji Miejskiej etap IIIa, Warszawa, listopad 2008. [21])

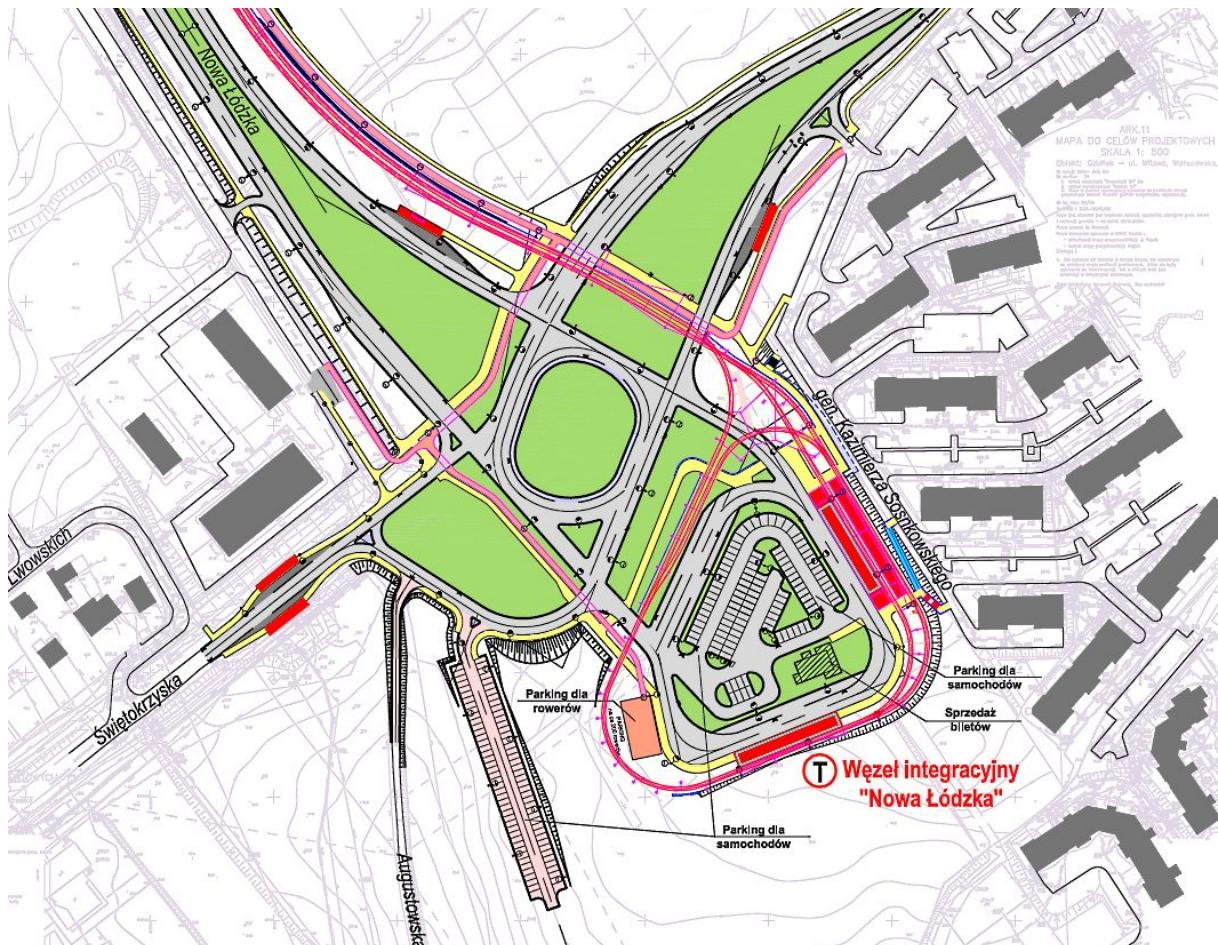
Węzeł ten niewątpliwie okazał się sukcesem pomimo początkowych problemów związanych m. in. z wykonaniem – występujące znaczne odkształcenia szyn pozwalały duże opóźnienia, oraz z organizacją ruchu – niewystarczający priorytet tramwajów [11]. Badania wykazały, że 86% osób ankietowanych korzystających w codziennych podróżach z tego węzła jest zadowolonych z jego funkcjonowania. Aż 89% ankietowanych uważa, że po jego wybudowaniu podróżuje się lepiej, niż przed jego powstaniem [15]. Zdecydowana większość korzystających z węzła to piesi (70% pasażerów) – wynika to z bardzo dobrego położenia węzła w gęsto zabudowanej dzielnicy. Parking w systemie „Park and Ride” jest znacznie mniej atrakcyjny – jego średnie wykorzystanie to zaledwie 35% [11]. W chwili obecnej do pętli dojeżdżają cztery linie (2, 4, 6, 7) z częstotliwością kursowania co 10 ÷ 20 minut.

Zaprojektowana pętla przy skrzyżowaniu alei Vaclava Havela i ulicy Świętokrzyskiej ma kształt trójkątny, o ruchu tramwajów zgodnie z ruchem wskazówek zegara oraz ruchem autobusów przeciwne do ruchu wskazówek zegara. Jej schemat przedstawiono na rysunku 19. Węzeł ten składa się z:

- części przyjazdowej, wyposażonej w dwa tory, przy czym tor wewnętrzny pozwala na przesiadkę „drzwi w drzwi” z komunikacją autobusową
- części odjazdowej, wyposażonej w jeden tor z peronem również pozwalającym na przesiadkę w trybie „drzwi w drzwi”
- parking samochodowy z 180 miejscami postojowymi
- parking rowerowy z 200 miejscami postojowymi

- drugi, oddalony parking samochodowy
- pętli autobusowej pozwalającej na postój do 8 standardowych 12-metrowych autobusów
- punktu sprzedaży biletów wraz z toaletą

Przystanek tramwajowy dla wysiadających znajduje się w części wschodnio-północnej a dla wsiadających w części południowej węzła. Obok nich znajdują się przystanki autobusowe przy czym autobusy odjeżdżające z przystanku południowego zatrzymują się drugi raz na przystanku północno-wschodnim co pozwala pasażerom na wygodne oczekiwanie bez ryzyka ominięcia pojazdu.



**Rysunek 19:** Schemat węzła Łostowice-Swiętokrzyska

(źródło: Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku [www.ztm.gda.pl](http://www.ztm.gda.pl))

Największym atutem omawianego węzła jest jego układ geometryczny. Korzystając z możliwości jaką była jednoczesna przebudowa najbliższego skrzyżowania rozsunięto drogi wlotowe i wylotowe dla autobusów a całą pętlę autobusową wpisano w pętlę tramwajową. Z racji, że ruch tramwajowy i autobusowy jest realizowany w przeciwnych kierunkach możliwe było zastosowanie przystanków typu „drzwi w drzwi” zapewniających wysoki komfort przesiadek. W przestrzeni

pośrodku pętli autobusowej wpisano parking „Park and Ride” a na zewnątrz, pomiędzy pętlą autobusową i tramwajową „Bike and Ride”. Dzięki tym zabiegom węzeł jest intuicyjny dla pasażerów a odległości konieczne do pokonania są bardzo małe.

Pasażerowie oczekujący na pojazd mają do dyspozycji szerokie wiaty osłonięte z trzech stron, wyposażone w ławki oraz rozkłady jazdy komunikacji i plan węzła, które pokazano na rysunkach 20a i 20b.



(a) widok na część autobusową



**(b)** tablica informacyjna z planem węzła

**Rysunek 20:** Wyposażenie wiat przystankowych

(źródło: archiwum własne)

Parking dla rowerów jest ogrodzony i wyposażony w urządzenie do napompowania opon oraz narzędzia do przeprowadzenia pomniejszych napraw.



(a) widok na stojaki dla rowerów



(b) punkt napraw

**Rysunek 21:** Parking rowerowy

(źródło: archiwum własne)

Linie kończące bieg w omawianym węźle obsługiwane są przez tramwaje niskopodłogowe o wysokości wejścia do pojazdu równej 290 mm. Dało to możliwość zaprojektowania peronów zdecydowanie bardziej wygodnych dla pasażerów. Wysokość peronu to zaledwie 22 centymetry powyżej główkii szyny. Zdjęcie peronu tramwajowego pokazano na rysunku 22.



**Rysunek 22:** Widok na peron tramwajowy

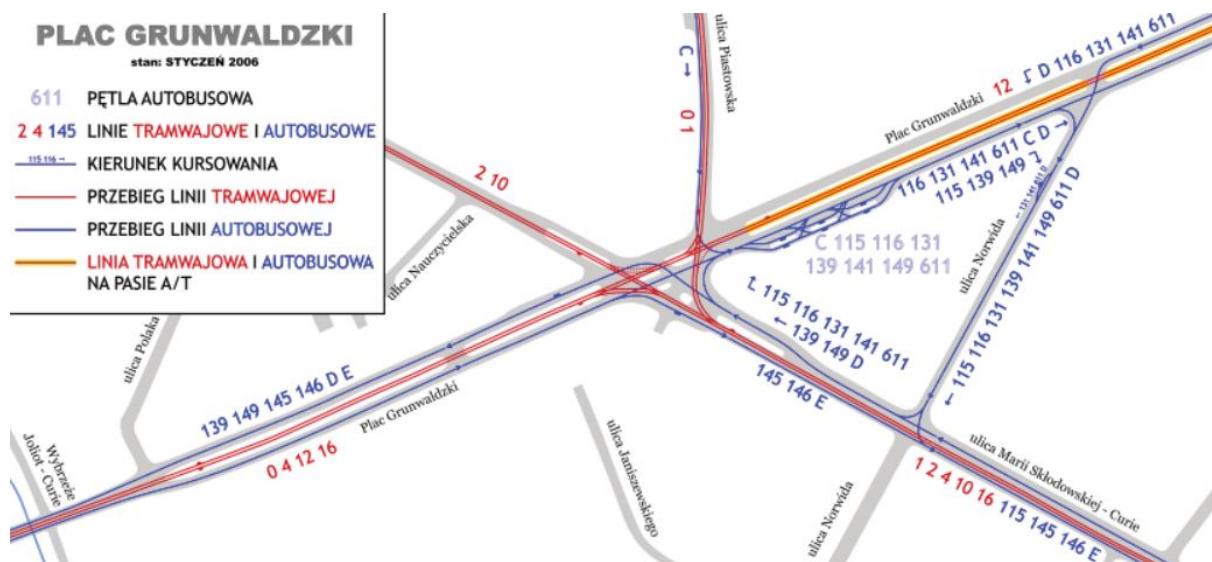
(źródło: archiwum własne)

Węzeł ten jest przykładem bardzo dobrego powiązania wszystkich elementów składowych – parkingów „Park and Ride” i „Bike and Ride”, pętli tramwajowej oraz pętli autobusowej. Odległości które musi pokonać pieszy są niskie a zastosowanie przesiadek w systemie „drzwi w drzwi” jest komfortowym rozwiązańiem dla pasażerów. Węzeł jest czytelny i wyposażony w wiele rodzajów informacji dla użytkowników komunikacji publicznej. Dodatkowym atutem jest sprawne powiązanie z siecią drogową miasta co było możliwe dzięki jednoczesnej przebudowie ulic w okolicy węzła. Pętla „Łostowice-Świętokrzyska” jest często uznawana jako jedna z lepszych na terenie Trójmiasta i może być odpowiednim przykładem dla projektantów.

### **3.2 Rondo Reagana (plac Grunwaldzki), Wrocław**

Potrzebę wybudowania odpowiedniego dworca autobusowego w rejonach placu Grunwaldzkiego zauważono we Wrocławiu już w latach dziewięćdziesiątych kiedy to pojawił się pierwsze plany przebudowy problematycznego skrzyżowania ulic Piastowskiej, Marii Skłodowskiej-Curie i placu Grunwaldzkiego. Oprócz poprawienia układu samego skrzyżowania (m. in. usunięcie jednego ze wlotów) i poszerzenia głównych ulic od mostu Grunwaldzkiego do mostu Szczytnickiego postulowano także budowę dodatkowych przystanków na wylocie wszystkich głównych arterii lub budowę dworca. Pierwsze propozycje zakładały lokalizację dworca w niezabudowanym jeszcze trójkącie wyznaczonym przez ulice Marii Skłodowskiej-Curie, Norwida i oś Grunwaldzką. Rozwiążanie to było jednak wysoce niedogodne dla pasażerów bo oznaczało znaczne oddalenie przystanków autobusowych od tramwajowych. Ostatecznie ten plan przebudowy nie został wcielony w życie i aż do roku 2006 plac Grunwaldzki pozostał niezmieniony.

Konieczność przebudowy i tak już zatłoczonego skrzyżowania stała się oczywista wraz z rozpoczęciem budowy galerii handlowej, która to stałaby się bardzo dużym generatorem ruchu. Dodatkowo, liczba linii tramwajowych i autobusowych kursujących w to miejsce już na początku pierwszej dekady XXI wieku była na tyle duża, że pojawiały się problemy z zatłoczeniem istniejących przystanków. Wszystkie kursujące w tym okresie połączenia pokazano na rysunku 23.



**Rysunek 23:** Schemat komunikacji miejskiej na placu Grunwaldzkim w roku 2006

(źródło: Korycki T., Molecki B., Puchalski P., Wicher M., *Historia i przebudowa węzła autobusowego przy placu Grunwaldzkim we Wrocławiu. „Przewoźnicy i systemy transportowe”*, nr 11/2008 [13])

Przebudowę placu rozpoczęto 12 marca 2006 roku a zakończono po dwóch latach 15 marca 2008 roku. Zdecydowano się na rozwiązanie w postaci skrzyżowania z dużą wyspą centralną na

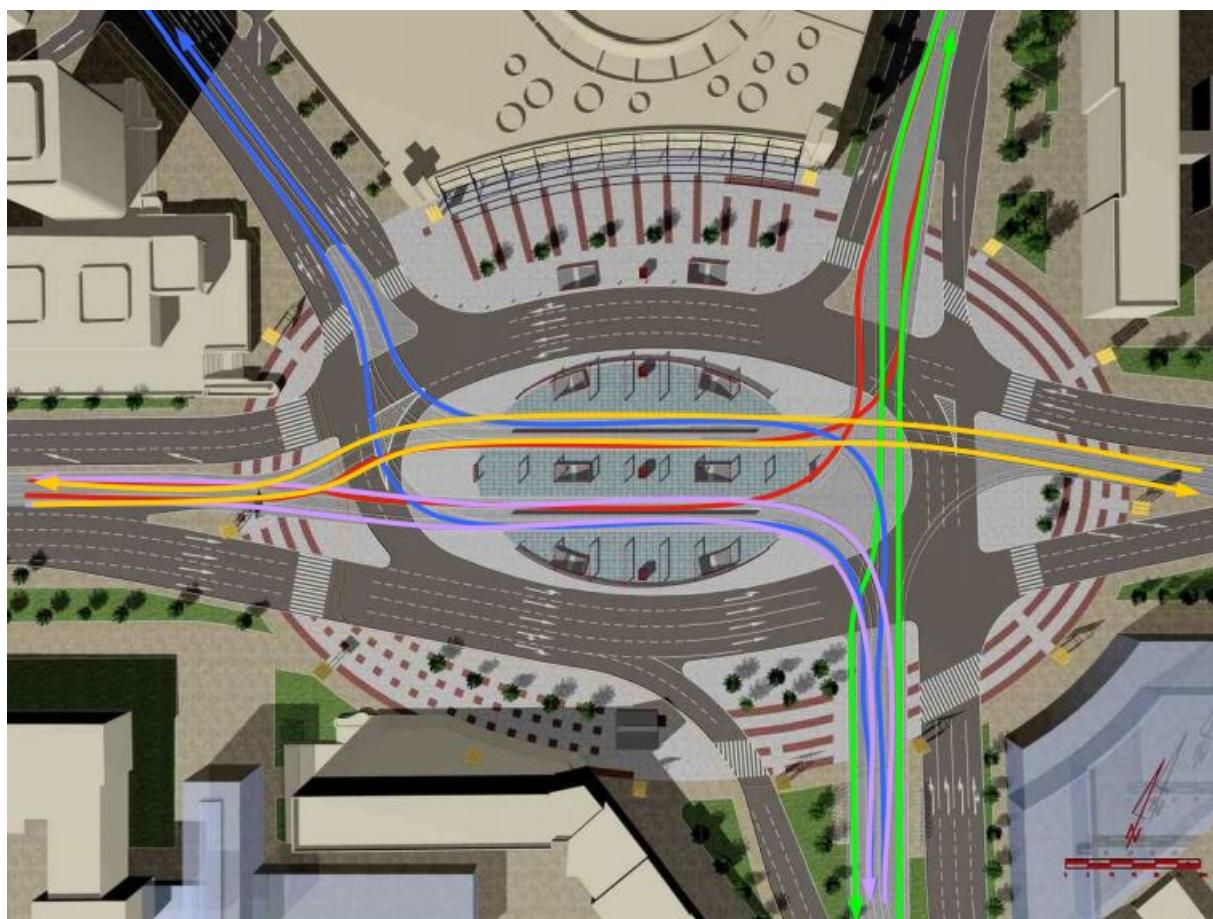
której znajdowały się przystanki wspólne dla tramwajów i autobusów. Wizualizację pokazano na rysunku 24.



**Rysunek 24:** Wizualizacja projektu przebudowy placu Grunwaldzkiego

(źródło: Oficjalny portal internetowy Wrocławia <https://www.wroclaw.pl/przebudowa-pl-grunwaldzkiego--wizualizacja-i-rysunek>)

Węzeł przesiadkowy znajduje się w wyspie centralnej, składa się z dwóch jezdni wyposażonych každa w dwa tory tramwajowe, oddzielonych wyspą. Każda z trzech części posiada własne połaczenie z przejściem podziemnym, które zaczyna się od południowej strony placu i kończy na północy łącząc się z pasażem handlowym. Przystanki na terenie węzła obsługują zarówno tramwaje jak i autobusy. Schemat przebiegu linii tramwajowych pokazano na rysunku 25. Linie odjeżdżające w tym samym kierunku zatrzymują się na tych samych przystankach. Podobnie jest z autobusami, co znacząco ułatwia orientację pasażerów w układzie węzła.



**Rysunek 25:** Schemat organizacji ruchu tramwajowego

(źródło: Gisterek I., wykład wykład w formie elektronicznej, Zakład Infrastruktury Transportu Szynowego, Politechnika Wrocławskiego,  
[http://www.zm.org.pl/download/prezentacje/0909-gisterek\\_kwroc.pdf](http://www.zm.org.pl/download/prezentacje/0909-gisterek_kwroc.pdf) [8])

Przyjęcie rozwiązań w formie dużego skrzyżowania z węzłem znajdującym się na wyspie centralnej zapewniło przede wszystkim zebranie wszystkich rodzajów transportu w obręb jednego obszaru. Dzięki temu możliwa jest duża dowolność wyboru połączenia bez konieczności przemieszczania się przez skrzyżowanie. Odpowiednie formy transportu zostały pogrupowane w zależności od kierunku jazdy aby umożliwić pasażerom wybór najszybszego pojazdu. Przykładowo, tramwaje jadące w kierunku mostu Grunwaldzkiego (linie 0, 2, 4) wszystkie zatrzymują się na przystanku południowym.

Węzeł wyposażony jest w szerokie przejście podziemne z windami dla osób niepełnosprawnych. Problematyyczny jest brak ramp i pochylni. Na powierzchni, przystanki posiadają ławki i zadaszenie w postaci wiat stalowych. Na terenie węzła znajdują się trzy biletomaty, wyświetlacze z aktualnymi kursami pojazdów oraz tablice z rozkładami jazdy. Nawierzchnia torowiska tramwajowego wykonana jest z kostki, która na stan obecny (maj 2018) jest w bardzo złym stanie (co widać na przykład na rysunku 26. Wysokość torowiska to zaledwie kilka centymetrów poniżej poziomu chodnika przez co wsiadanie i wysiadanie z pojazdów jest uciążliwe dla pasażerów co pokazano na rysunku 27. Poszczególne przystanki oddzielone są przejściami dla pieszych wyposażonymi w sygnalizację świetlną.



**Rysunek 26:** Widok na przystanek północny

(źródło: Stowarzyszenie Wratislaviae Amici

[https://dolny-slask.org.pl/3839663,Wroclaw,Wezel\\_przesiadkowy\\_Plac\\_Grunwaldzki.html](https://dolny-slask.org.pl/3839663,Wroclaw,Wezel_przesiadkowy_Plac_Grunwaldzki.html))



**Rysunek 27:** Pasażerowie wsiadający do tramwaju

(źródło: Gisterek I., wykład wykład w formie elektronicznej, Zakład Infrastruktury Transportu Szynowego, Politechnika Wrocławskiego,

[http://www.zm.org.pl/download/prezentacje/0909-gisterek\\_pwroc.pdf](http://www.zm.org.pl/download/prezentacje/0909-gisterek_pwroc.pdf) [8])

Przebudowa skrzyżowania w jeden zintegrowany węzeł tramwajowo-autobusowy zwiększyła komfort podróży pasażerów i cała inwestycja jest uznawana za udaną, jednak nie obyło się bez głosów krytyki. Przede wszystkim z powodu konieczności korzystania z przejść podziemnych aby dostać się do przystanków. Czas dojścia do docelowego przystanku wysłużył się w stosunku do tego przed przebudową. Dzisiejsze podejście zakłada priorytet pieszych nad pojazdami w

centrach miast a nie sprowadzanie ruchu pieszego pod lub nad ziemię. Pierwotny projekt węzła zakładał dodatkowe przejścia dla pieszych umożliwiające dojście do przystanków z poziomu ulicy (co widać na początkowych wizualizacjach – rysunek 24), jednak zrezygnowano z nich przy oddawaniu węzła do użytku w 2008 roku pomimo wykonania odpowiedniej infrastruktury (obniżone krawężniki, ustawienie słupów pod sygnalizatory). Przejścia te pojawiły się dopiero w 2017 roku. Początkowy brak przejść dla pieszych wynikał jedynie z życzenia inwestora o czym mówił Marek Suchy z biura BBKS Projekt, które przygotowało projekt organizacji ruchu:

„W naszym projekcie znalazły się przejścia dla pieszych, ale na życzenie inwestora zostały one usunięte. Ale nie ma technicznych przeszkód, żeby je nawet dzisiaj domalować. Moim zdaniem nie jest logiczne, by mieszkańcy musieli schodzić ponad 6 metrów w dół i później tyle samo w górę, by dostać się do peronu tramwajowego. Jest to niewygodne i czasochłonne.”

Konieczność korzystania z przejścia podziemnego, które przez dostosowanie go do poziomu –1 galerii handlowej schodzi na głębokość aż 6 metrów, zmniejszała atrakcyjność węzła oraz była powodem dużej liczby nielegalnych przekroczeń jezdni, szczególnie pomiędzy wyspą centralną a przystankiem linii 1. Dużym problemem są także przejścia w obrębie węzła pomiędzy wyspami, których czas międzyzielony jest zbyt długi. W efekcie większość pieszych przekracza jezdnie podczas światła czerwonego – na trzech z czterech przejść liczba niedozwolonych przejść wynosiła ponad 70% co pokazano w tabeli 13 [43]. Zalecanym rozwiązaniem w takim przypadku byłoby zastosowanie sygnalizacji wzbudzanej przez pojazdy, gwarantując tym samym długim czas światła zielonego pieszym.

**Tabela 13:** Warunki ruchu pieszego na przejściach w obrębie węzła przesiadkowego

Przejście kod i położenie	Czas otwarcia przejścia w trakcie jednego cyklu (120 s)	Udział użytkowników wkraczających na sygnale zabraniającym
E (północne, perony I – II)	[s] 16+25*	[/] ponad 30%
F (północne, perony III – IV)	27	[/] ponad 70%
G (południowe, perony I – II)	[s] 22+9*	[/] ponad 70%
H (południowe, perony III – IV)	[s] 17+12*	[/] ponad 70%

(źródło: Molecki B., *Analiza ruchu pieszego w obrębie węzłów przesiadkowych na przykładzie placu Grunwaldzkiego we Wrocławiu*, Konferencja naukowo-techniczna „Zintegrowany system transportu miejskiego”, Wrocław, 27-28 maja 2010 [20])

Po wykonaniu przejść dla pieszych w obrębie węzła wzrosła jego atrakcyjność oraz liczba korzystających z niego pasażerów co pozwala pokazać silny związek między komfortem użytkowników a udziałem podróży. W miastach europejskich odchodzi się od prowadzenia tras pieszych w różnych poziomach niż domyślnie na poziomie chodnika. Pomimo rozbudowanego i wyposażonego w windy dla niepełnosprawnych przejścia podziemnego prowadzącego do wszystkich przystanków dopiero utworzenie wcześniej rozważanych przejść sprawiło, że węzeł ten podniósł jakość komunikacji w tym rejonie [43].

### 3.3 Węzły przesiadkowe „Bieżanów” oraz „Kurdwanów”, Kraków

Miasto Kraków w roku 2015 przygotowało oferty na zaprojektowanie i wybudowanie dwóch obiektów typu Park and Ride na terenie osiedli Bieżanów i Kurdwanów. Oba te obiekty zostały oddane do użytku niedawno – pierwszy z nich w styczniu 2018 r. a drugi w grudniu 2017 r. Zarówno jeden jak i drugi węzeł zlokalizowane są obok pętli tramwajowych.

Węzeł przesiadkowy „Bieżanów” położony jest w południowo-wschodniej części miasta Kraków w dzielnicy Nowy Bieżanów obok skrzyżowania ulic Mieczysławy Ćwiklińskiej i Barbary, które w najbliższym czasie zostanie przebudowane na rondę. Otwarty został w styczniu 2018 roku i jest czwartym tego typu obiektem w Krakowie. Węzeł ten obsługuje głównie połączenia tramwajowe oraz kilka linii autobusowych [52].

Węzeł wyposażony jest w parking „Park and Ride” zlokalizowany wewnętrz pętli tramwajowej, mogący pomieścić 110 pojazdów. Dzięki takiej lokalizacji odległość od parkingu do peronów tramwajowych jest bardzo mała i wynosi zaledwie od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów w przypadku miejsc postojowych najdalej od peronów. Węzeł wyposażony jest dodatkowo w dwa miejsca do ładowania pojazdów elektrycznych oraz 20 stanowisk dla rowerów z zadaszoną wiatą, które pokazane są na rysunku 28 [55].



**Rysunek 28:** Stanowiska postojowe dla rowerów

(źródło: Magiczny Kraków, *Parking P+R w Nowym Bieżanowie otwarty*, 15 stycznia 2018,

[http://krakow.pl/aktualnosci/216797,1912,komunikat,parking\\_p+r\\_w\\_nowym\\_biezanowie\\_otwarty.html](http://krakow.pl/aktualnosci/216797,1912,komunikat,parking_p+r_w_nowym_biezanowie_otwarty.html) [54])

Jak w przypadku pozostałych obiektów tego typu w Krakowie parking dla samochodów osobowych nie jest bezpłatny. Pozostawienie pojazdu kosztuje 10 złotych za dobę. Udogodnieniem jest

to, że na podstawie biletu można bezpłatnie podróżować komunikacją miejską na terenie miasta. Osoby posiadające bilety okresowe są zwolnione z opłaty za pozostawienie samochodu [52].



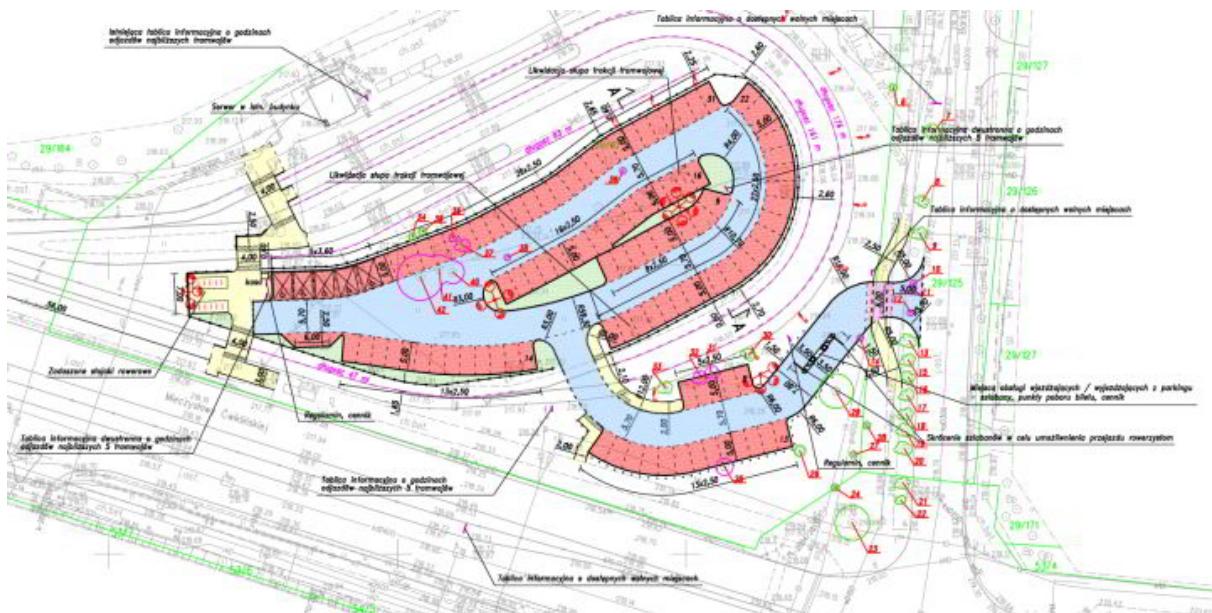
**Rysunek 29:** Wizualizacja pętli „Bieżanów” wykonana przez inwestora obiektu

(źródło: Wiadomości nasze-miasto.pl Kraków, *Parking Park& Ride w Bieżanowie*, 2 lipca 2017,

<http://krakow.naszemiasto.pl/artykul/parking-park-ride-w-biezanowie-wizualizacje,3440403,art,t,id,tm.html> [61])

Pętla tramwajowa „Bieżanów” obsługuje trzy linie tramwajowe – 3, 9, 13. Ruch pojazdów jest prawostronny. Wyposażona jest we wspólny peron dla wysiadających pozwalający na przesiadkę „drzwi w drzwi” z komunikacją autobusową oraz w dwa osobne perony dla wsiadających, które znajdują się na przedłużeniu torów postojowych. Taki układ nie jest komfortowy dla pasażerów. Wygodniejszym rozwiązaniem byłby jeden wspólny peron dzięki czemu istniałaby dowolność wyboru połączenia. Ponadto liczba torów postojowych (dwa) jest niewystarczająca w stosunku do liczby linii tramwajowych (trzy). Może to powodować opóźnienia w sytuacji dwóch tramwajów stojących na tym samym torze postojowym gdy stojący z przodu ma planowany odjazd później. Perony dla wsiadających posiadają zadaszone ławki oraz są w bliskim sąsiedztwie budynku socjalnego. Schemat węzła pokazano na rysunku 30.

Parking samochodowy posiada nietypowy kształt ze względu na konieczność wpisania się w kształt pętli tramwajowej jednak udało zmieścić się na jej terenie aż 110 miejsc postojowych. Wjazd na parking odbywa się od strony ulicy Barbary (ulica o małym priorytecie i małym ruchu) kilkanaście metrów za skrzyżowaniem z ulicą Mieczysławy Ćwiklińskiej. Przed terenem parkingu znajdują się szlabany oraz urządzenia wydające bilet i pobierające opłaty, oznaczone symbolami „Park and Ride”. Dodatkowo zamontowana jest tablica LCD wyświetlająca liczbę wolnych miejsc postojowych.



**Rysunek 30:** Schemat węzła „Bieżanów”

(źródło: Wiadomości nasze-miasto.pl Kraków, *Parking Park& Ride w Bieżanowie*, 2 lipca 2017,

<http://krakow.naszemesto.pl/artykul/parking-park-ride-w-biezanowie-wizualizacje,3440403,art,t,id,tm.html> [61])

Inwestycja ta została przyjęta pozytywnie przez mieszkańców i wielu z nich korzysta z węzła jako alternatywy dla podróży samochodem[54]. Węzeł ten jest przykładem dobrej lokalizacji – okoliczne tereny są mocno zabudowane wielorodzinnymi budynkami mieszkalnymi (osiedla Nowy Bieżanów Północ, Nowy Bieżanów Południe i Nowy Bieżanów Kolonie), które zapewniają wysoką liczbę pasażerów. Ponadto w odległości do 1 km znajdują się dwie stacje kolejowe: Kraków Bieżanów oraz Kraków Bieżanów Drożdżownia, a węzeł przesiadkowy ulokowany jest około 1,5 km w linii prostej od węzła drogowego Kraków Wieliczka w ciągu drogi A4.

Węzeł przesiadkowy „Kurdwanów” jest większy od węzła „Bieżanów”. Inny jest także jego układ – parking dla samochodów, mieszczący 167 pojazdów, znajduje się pod estakadą na której przebiega pętla tramwajowa. Węzeł ten zlokalizowany jest w dzielnicy Podgórze Duchackie na południu Krakowa przy skrzyżowaniu ulic Wincentego Witosa i Porucznika Jerzego Halszki.

Tak jak we wcześniej omawianym przypadku, tak i węzeł „Kurdwanów” jest bardzo dobrze zlokalizowany w bliskiej odległości do węzła drogowego „Kraków Łagiewniki” w ciągu autostrady A4. Otoczenie obiektu to głównie gęsta zabudowa wielorodzinna zapewniająca pasażerów. Lokalizacja na obrzeżach miasta dodatkowo zachęca mieszkańców dalszej części aglomeracji Krakowa (przede wszystkim osiedle Swoszowice) do skorzystania z możliwości przesiadki w komunikację zbiorową.



**Rysunek 31:** Wizualizacja pętli „Kurdwanów” wykonana przez inwestora obiektu

(źródło: Dziennik Polski 24, *Wreszcie powstanie kolejny parking park & ride w mieście*, 2 lipca 2017,  
<http://www.dziennikpolski24.pl/region/a/wreszcie-powstanie-kolejny-parking-parkride-w-miescie,11919013/>)

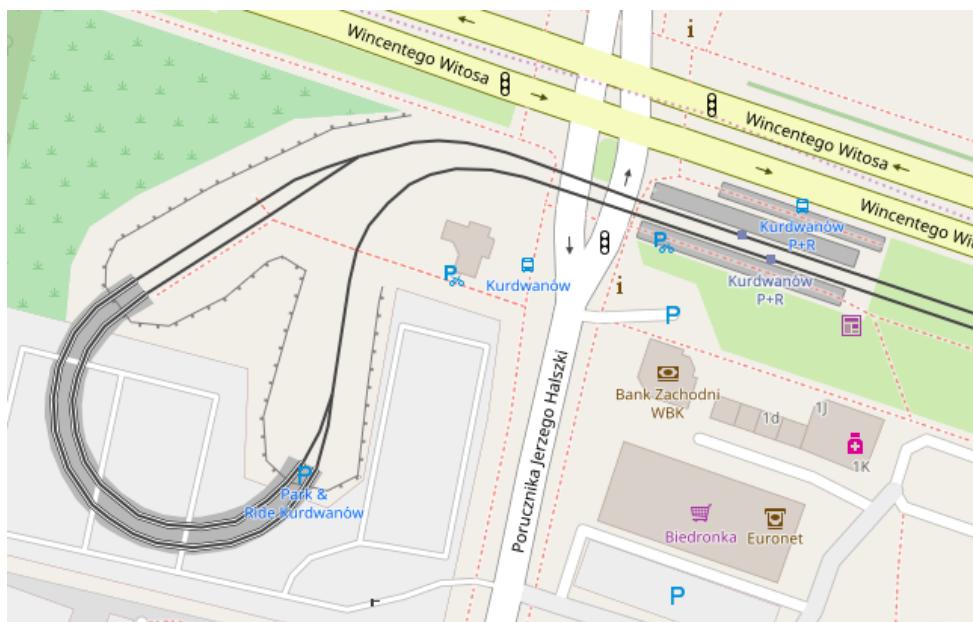
Pętla tramwajowa „Kurdwanów” obsługuje trzy linie tramwajowe: 6, 24 i 50. Posiada dwa tory postojowe tak jak pętla „Bronowice”, jednak układ przystanków jest inny – jeden peron obsługuje wszystkich wsiadających oraz jeden peron wsiadających do wszystkich linii. Jest to zdecydowanie lepsze rozwiązanie niż te zastosowane na pętli „Bronowice” gdzie dwa osobne perony dedykowane są dla wsiadających do trzech różnych linii. Przystanek dla wsiadających z tramwajów znajduje się w odległości kilku metrów od przystanku autobusowego umożliwiając bardzo szybką i wygodną przesiadkę.

Z powodu, że parking dla samochodów osobowych znajduje się po drugiej stronie ulicy Poruczniaka Jerzego Halszki, użytkownicy parkingu Park and Ride zmuszeni są do przejścia przez jezdnię w celu skorzystania z przystanków tramwajowych i autobusowych. Jest to spore utrudnienie, zważywszy dodatkowo że najdalsze miejsca parkingowe znajdują się w odległości około 180 metrów od przystanków.



**Rysunek 32:** Schemat parkingu Park and Ride na węźle „Kurdwanów”

(źródło: TVN24, *Park & Ride na krakowskim Kurdwanowie*, 22 kwietnia 2015 <https://www.tvn24.pl> )



**Rysunek 33:** Schemat pętli „Kurdwanów”

(źródło: Open Street Map, <https://www.openstreetmap.org/>)

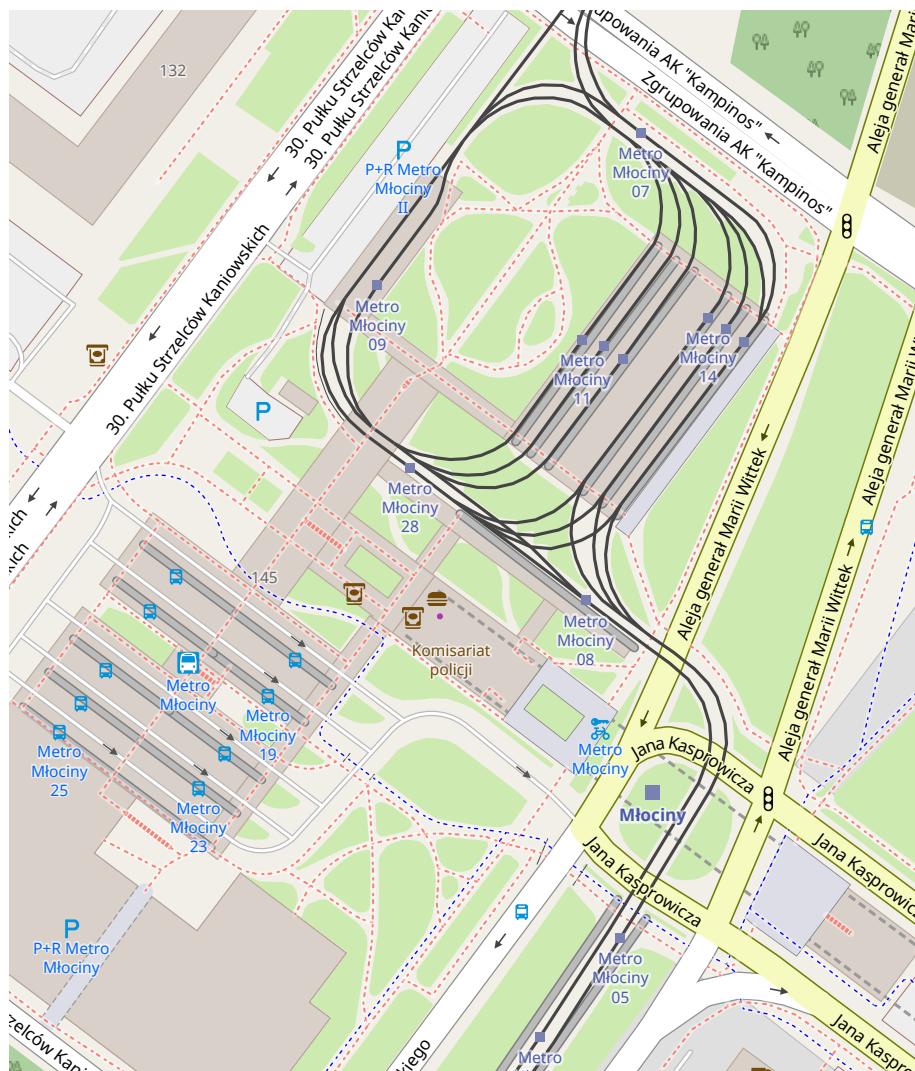
Węzeł wyposażony jest dodatkowo w parking dla rowerów „Bike and Ride”, stację ładowania pojazdów elektrycznych oraz biletomat. Parking samochodowy umiejscowiony jest pod pętlą tramwajową, a wjazd możliwy jest dopiero po odebraniu biletu parkingowego. Koszt postoju to 10 zł za dobę, tak jak na terenie innych takich obiektów w Krakowie. Tak jak na pętli „Bieżanów” przed wjazdem istnieje możliwość zobaczenia liczby wolnych miejsc postojowych.

Wjazd na parking odbywa się od ulicy Porucznika Jerzego Haszki. Na etapie projektowania powzięto decyzję, że jest to najłatwiejsze do zrealizowania rozwiązanie, pomimo że istniały obawy na jego wpływ na płynność ruchu pojazdów. Dodatkowym czynnikiem mogącym powodować nadmierne zatłoczenie ulicy jest fakt, że przed prawoskrętem do parkingu znajduje się przystanek autobusowy.

Obie inwestycje – „Bieżanów” oraz „Kurdwanów” zostały zrealizowane w tym samym czasie, w obszarach bardzo do siebie podobnych. Podobieństwo wynika również z konieczności dostosowania węzłów do istniejących pętli tramwajowych. Z punktu widzenia użytkowników parkingu Park and Ride, węzeł „Bieżanów” jest lepszym rozwiązaniem – odległość do pokonania od samochodu do przystanku została praktycznie zminimalizowana. W przypadku pętli „Kurdwanów” odległość ta jest znacznie większa i dodatkowo po drodze trzeba przejść przez jezdnię. Jeśli zaś chodzi o układ przystanków lepiej zaprojektowana jest pętla „Kurdwanów” gdzie zarówno przyjazdy jak i odjazdy realizowane są z jednego peronu oraz istnieje możliwość przesiadki „drzwi w drzwi” pomiędzy komunikacją tramwajową i autobusową.

### 3.4 Młociny, Warszawa

Węzeł przesiadkowy „Młociny” to wielopoziomowy obiekt zlokalizowany blisko centrum Warszawy pomiędzy lotniskiem Babice a rzeką Wisłą. Węzeł znajduje się w okolicach skrzyżowań ulic Zgrupowania AK „Kampinos”, Jana Kasprowicza oraz alei generała Marii Witek i jest jednym z największych w mieście łącząc w swoim obrębie komunikację autobusową, tramwajową oraz metro.



**Rysunek 34:** Schemat węzła „Młociny”

(źródło: Open Street Map, <https://www.openstreetmap.org/>)

Węzeł został otwarty 25 października 2008 roku [25]. Generalnym wykonawcą budowy było konsorcjum firm PeBeKa S.A. i PRG Metro a koszt budowy wyniósł prawie 300 mln złotych [56]. Budynek stacji składa się z pięciu kondygnacji: na poziomie -1 znajduje się stacja metra „Młociny”, na poziomie 0 pętla autobusowa i tramwajowa oraz punkty handlowo-usługowe, poziom +1 to głównie punkty usługowe oraz punkt obsługi pasażerów. Poziomy +2 i +3 (niezadaszony) to parkingi „Park and Ride”. Wizualizację węzła pokazano na rysunku 35. Część

autobusowa znajduje się w centrum węzła, pomiędzy parkingiem wielopoziomowym na południu a pętlą tramwajową na północy. Wszystkie elementy węzła są połączone zadaszoną kładką przebiegającą nad pętlą autobusową.

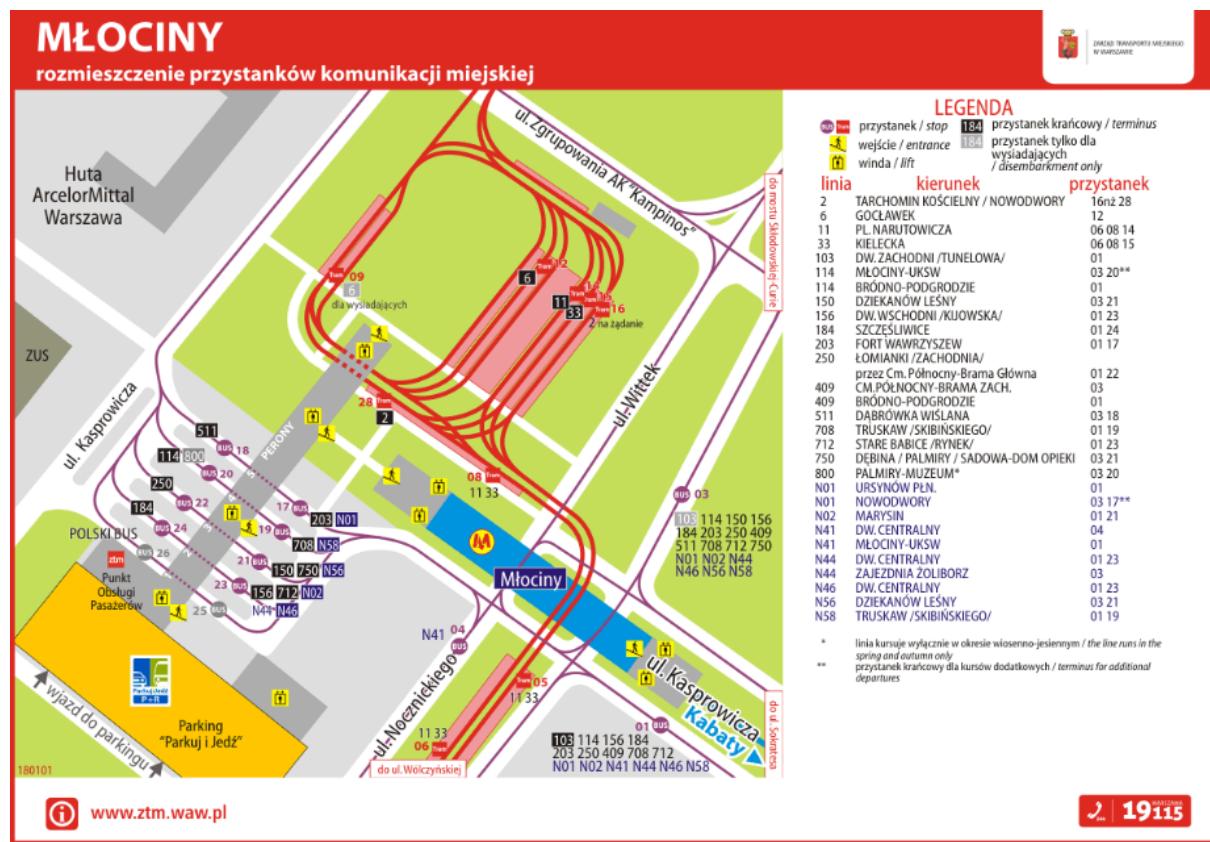


**Rysunek 35:** Wizualizacja węzła „Młociny”

(źródło: Oficjalny serwis Metra Warszawskiego, *Budowa tunelu B23 i stacji A23 Młociny wraz z węzłem komunikacyjnym*, <http://www.metro.waw.pl/budowa-tunelu-b23-i-stacji-a23-mlociny-wraz-z-wezlem-komunikacyjnym> [56])

Parkingi (wielopoziomowy oraz niezadaszony położony obok pętli tramwajowej) na terenie węzła zapewniają miejsca postojowe dla około 1000 pojazdów. Kierowcy, w szczególności ci z północnych części miasta po otarciu mostu Marii Skłodowskiej-Curie, mogą na podstawie biletu komunikacji bezpłatnie zostawić samochód i przesiąść się w metro, tramwaj lub autobus. Dodatkowo na terenie węzła dostępne są miejsca postojowe dla rowerów. Główny parking wielopoziomowy posiada powierzchnię użytkową ok 28 000 m<sup>2</sup>.

Pętla tramwajowa na terenie węzła to pętla pośrednia dwukierunkowa i składa się z sześciu peronów, w tym jeden tylko dla wysiadających. Pętla obsługuje linie 2, 6, 11, 33. Część autobusowa to pięć peronów ustawionych równolegle obsługujących 15 linii dziennych oraz siedem nocnych. Pomiędzy częściami autobusową i tramwajową znajduje się zejście podziemne do peronów metra (linia 1). Schemat połączeń pokazano na rysunku 36.



Rysunek 36: Schemat połączeń tramwajowych i autobusowych

(źródło: Zarząd Transportu Miejskiego w Warszawie <http://ztm.waw.pl/>)

Układ węzła jest tak zrealizowany, że odległości jakie musi przejść pieszy pomiędzy poszczególnymi środkami transportu nie są większe niż około 200 metrów. Jest to bardzo duża zaleta dla pasażerów. Oznakowania kierujące użytkowników węzła na właściwe perony również jest dobrze wykonany i widoczny z dużej odległości. Węzeł niepozbawiony jest jednak wad. Tablice z rozkładami jazdy na peronach są trudnodostępne – znajdują się w połowie długości peronu zamiast przy wejściach na peron. Brak ponadto zintegrowanych tablic z informacją zbiorczą dotyczącej wszystkich połączeń. Wiele ciągów pieszych na terenie węzła jest nieprzemyślanych przez co pasażerowie skracają sobie drogę przez place manewrowe autobusów, torowiska tramwajowe oraz tereny zielone. Brak również dojść do pętli tramwajowej od strony ulic obok węzła – pasażerowie notorycznie łamią przepisy chodząc po trawie i torowisku. Rozmieszczenie peronów, zarówno autobusowych jak i tramwajowych, jest intuicyjne co pomaga w orientacji przestrzennej na terenie węzła [9].

Lokalizacja węzła jest bardzo atrakcyjna. Położony w ciągu łączącym się z mostem Marii Skłodowskiej-Curie zapewnia idealny punkt przesiadkowy dla mieszkańców północnych części aglomeracji warszawskiej: Łomianki i Legionowo. Liczba dostępnych połączeń w kierunku centrum sprawia, że wielu kierowców przesiada się do komunikacji publicznej o czym świadczy wykorzystanie parkingów, które często są bardzo zapełnione. Dodatkowo w bliskich okolicach

węzła znajduje się huta ArcelorMittal będąca dużym generatorem ruchu w tym rejonie. Wielu pracowników zamiast samochodem dojeżdża do pracy komunikacją zbiorową.

Węzeł ten jest udanym rozwiązaniem problemu zintegrowania wielu różnych linii różnych środków transportu w formie zwartej i funkcjonalnego obiektu. Spośród wszystkich węzłów na terenie Warszawy uzyskał on najlepszy wynik w ocenie metodą wskaźnikową AMPTI co pokazano w tabeli 14 [24]. Istnieje jednak szereg problemów do rozwiązania i w związku z tym pojawiają się plany przebudowy m. in. pętli tramwajowej aby usprawnić ruch pojazdów tramwajowych.

Wartości wskaźników oceny dla 10 badanych węzłów												
Nazwa węzła	Zwartość	Czytelność	Infrastruktura		Dostępność		Bezpieczeństwo osobiste		Bezpieczeństwo w ruchu		Informacja	
			p*	s*	p	s	p	s	p	s	p	s
	m	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Bemowo Ratusz	136	100	17	100	0	0	0	100	50	0	50	
Rondo de Gaulle'a	168	43	33	58	33	25	67	100	49	0	40	
PKP Rembertów	193	40	33	76	0	29	0	59	31	0	33	
PKP Włochy	191	40	0	35	0	31	57	69	53	14	2	
M. Świętokrzyska	237	76	33	35	17	18	17	100	70	50	30	
R. Waszyngtona	150	83	43	100	0	0	0	55	85	0	0	
Plac Zawiszy	200	37	12	32	12	6	100	93	59	29	24	
Metro Wilanowska	237	63	53	74	7	44	93	78	42	7	19	
Metro Młociny	202	66	25	96	38	80	100	100	48	56	21	
Metro Marymont	327	37	40	58	5	26	100	89	56	54	24	
Średnia	204	59	29	66	11	26	53	84	54	21	24	

\*p = perony, s = segmenty przejść między peronami

**Tabela 14:** Wartości wskaźników węzłów przesiadkowych w Warszawie

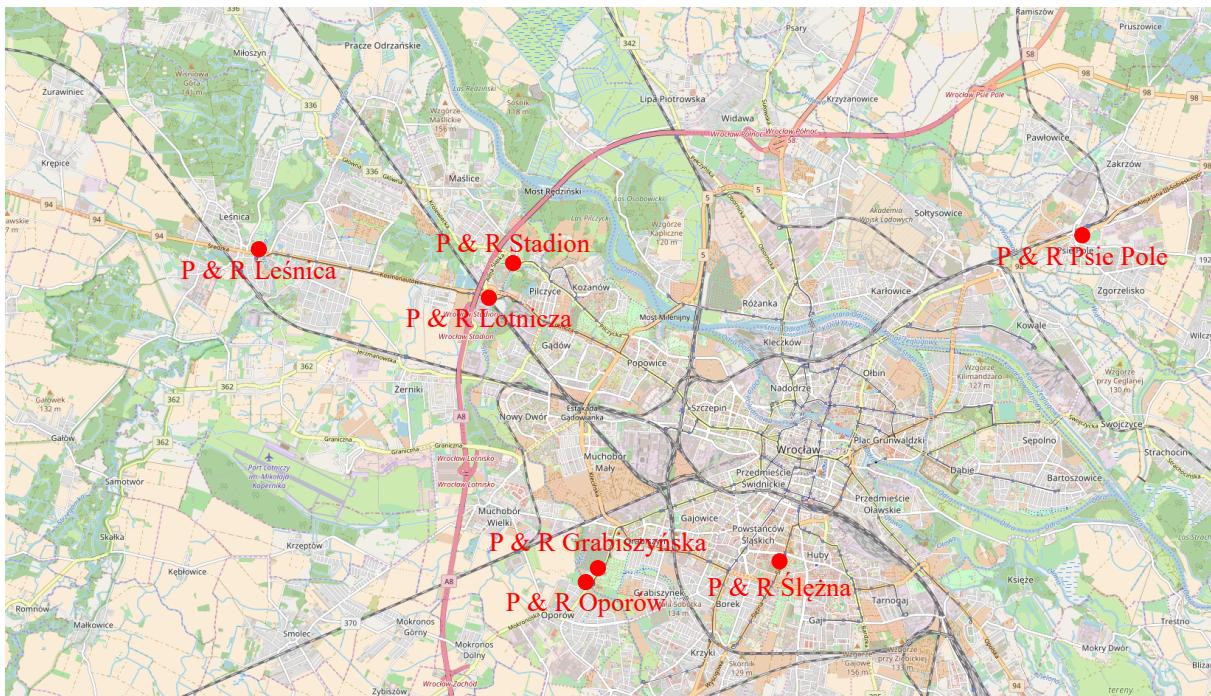
(źródło: Olszewski P., Krukowska H., Krukowski P., *Metodyka oceny wskaźnikowej węzłów przesiadkowych transportu publicznego, „Transport miejski i regionalny”*, czerwiec 2014 [24])

## 4 Projekt węzła przesiadkowego na terenie Wrocławia

### 4.1 Wybór lokalizacji

#### 4.1.1 Istniejące parkingi „park and ride” we Wrocławiu

We Wrocławiu funkcjonuje siedem parkingów typu „park and ride” – obok pętli tramwajowej w Leśnicy, obok pętli Oporów, obok Stadionu Miejskiego, przy dworcu kolejowym na Psim Polu, przy Pętli Grabiszyńska, przy ulicy Lotniczej przy stacji kolejowej Wrocław Stadion oraz przy zajezdni Gaj przy ulicy Ślężnej. Lokalizację tych obiektów zaznaczono na rysunku 37. Jak na tak duże miasto jest to bardzo mała liczba, ponadto parking przy zajezdni Gaj jest zbyt blisko centrum aby zachęcał do przesiadek w komunikację publiczną.



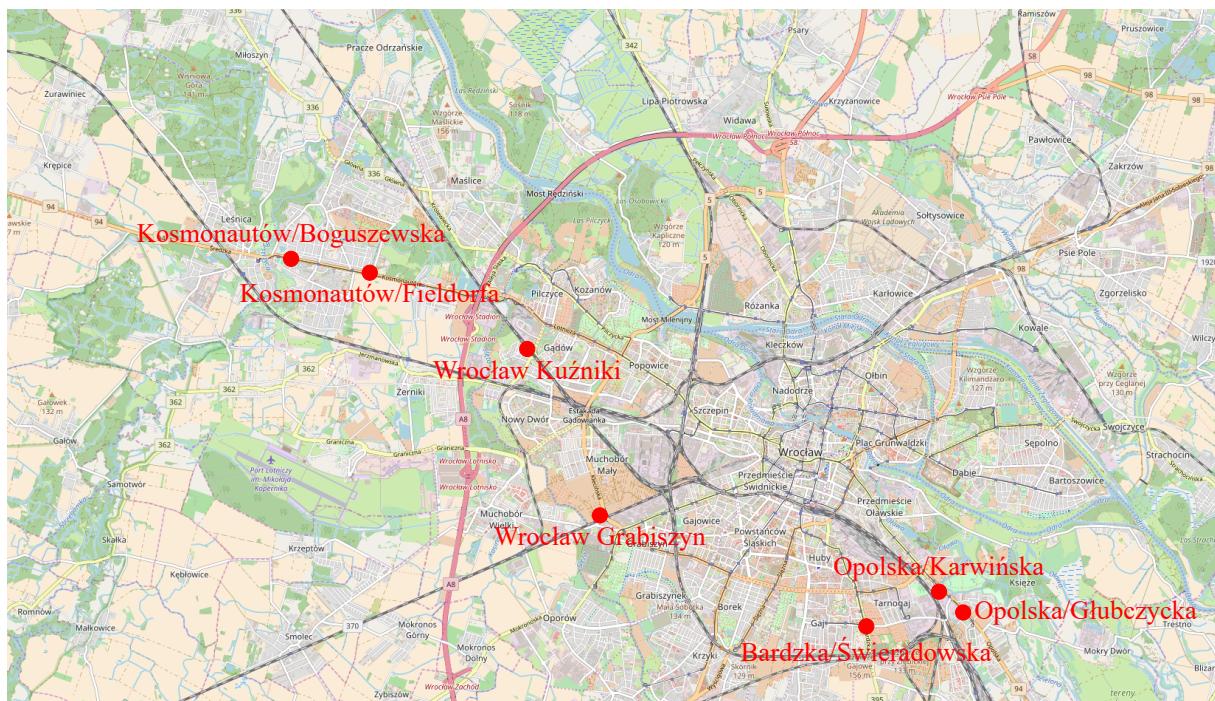
Rysunek 37: Istniejące parkingi „park and ride” we Wrocławiu

(źródło: opracowanie własne na podkładzie Openstreetmap )

#### 4.1.2 Planowane parkingi „park and ride”

Wrocławski Zarząd Dróg i Utrzymania Miasta planuje utworzenie kolejnych parkingów do końca 2018 roku. Są to inwestycje realizowane przez spółkę Wrocławskie Inwestycje: dwa parkingi przy stacji Wrocław Grabiszyn, parkingi przy przystankach Bardzka-Świeradowska, Kosmonautów-Boguszewska, Kosmonautów-Fieldorfa, przy stacji kolejowej Kuźniki, przy skrzyżowaniach

Opolskiej i Głubczyckiej oraz Opolskiej i Karwińskiej. Lokalizację tych projektów pokazano na rysunku 38.



**Rysunek 38:** Przyszłe parkingi „park and ride” we Wrocławiu

(źródło: opracowanie własne na podkładzie Openstreetmap )

Na podstawie analizy Biura Zrównoważonej Mobilności miasta Wrocław określono również inne lokalizacje odpowiednich do powstania parkingu „park and ride”. W rozmowie z przedstawicielką biura, p. Anną Rygałą, uzyskałem informacje na temat 12 lokalizacji na terenie Wrocławia gdzie rozważa się taki obiekt. Są to głównie węzły kolejowe, tramwajowe lub autobusowe. Lokalizacje te podano poniżej oraz naniesiono na mapę Wrocławia na rysunku 39.

1. działka gminy Wrocław o powierzchni 2268 m<sup>2</sup> przy skrzyżowaniu ulic Kosmonautów i Kamiennogórskiej
2. działka gminy Wrocław o powierzchni 2820 m<sup>2</sup> przy stacji kolejowej Wrocław Żerniki – parking miałyby być uzupełnieniem istniejącego już parkingu przy stacji kolejowej
3. działka gminy Wrocław o powierzchni 3701 m<sup>2</sup> przy stacji kolejowej Wrocław Nowy Dwór – dobra lokalizacja przy pętli autobusowej
4. działka należąca do Poczty Polskiej S.A. o powierzchni 1476 m<sup>2</sup> przy ulicy Awicenny obok dworca Wrocław Zachodni
5. działka należąca do gminy Wrocław o powierzchni 1525 m<sup>2</sup> przy pętli tramwajowej Krzyki
6. działka gminy Wrocław o pow. 2487 m<sup>2</sup> przy ulicach Karkonoska i Turniejowa, zlokalizowana na ważnym, reprezentacyjnym wlocie do miasta od strony południowej

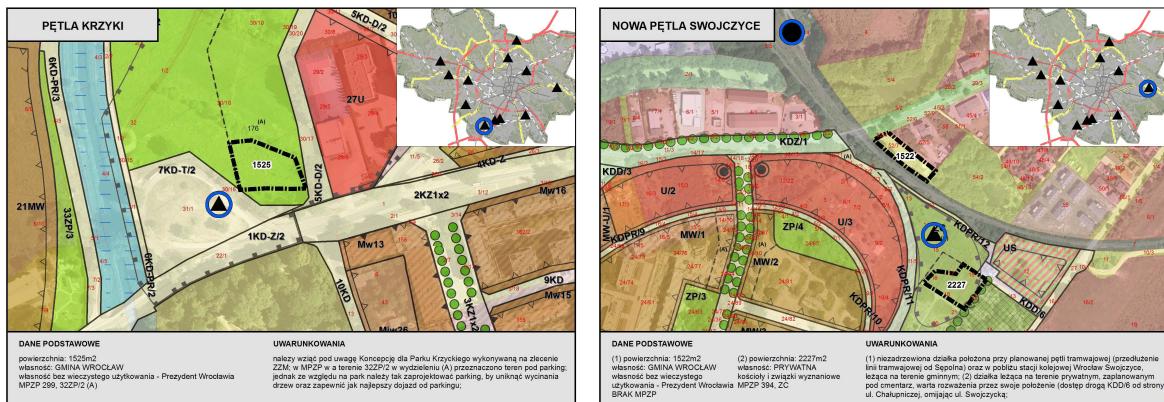
7. działka o pow. 1619 m<sup>2</sup> przy skrzyżowaniu ulic Ślężna i Pułtuska
8. działka o pow. 3349 m<sup>2</sup> należąca do gminy Wrocław znajdująca się przy skrzyżowaniu ulic Żmigrodzkiej i Wołowskiej, niedaleko pętli tramwajowej Poświętne
9. działki o pow. 1045 m<sup>2</sup> i 2007 m<sup>2</sup> należące do Skarbu Państwa zlokalizowane pod AOW na północy (planowana pętla autobusowa Polanowice)
10. działka o powierzchni 2213 m<sup>2</sup> przy pętli Kromera
11. działka o pow. 1582 m<sup>2</sup> wewnątrz pętli Tarnogaj
12. działka o pow. 2277 m<sup>2</sup> na Swojczycach obok planowanej pętli tramwajowej (przedłużenie linii od Sępolna)



**Rysunek 39:** Rozważane lokalizacja „park and ride” na podstawie analiz Biura Zrównoważonej Mobilności miasta Wrocław

(źródło: opracowanie własne na podkładzie Openstreetmap )

Spośród powyższych lokalizacji wytypowałem dwie: Pętlę Krzyki – bardzo bliskie położenie pętli tramwajowej oraz dobra geometria okolicznych terenów; Nowa pętla Swojczyce – pętla tramwajowa ma powstać wg Wrocławskiego Programu Tramwajowego jako przedłużenie linii tramwajowej od Sępolna, bliska odległość do dworca kolejowego.



(a) Pętla Krzyki

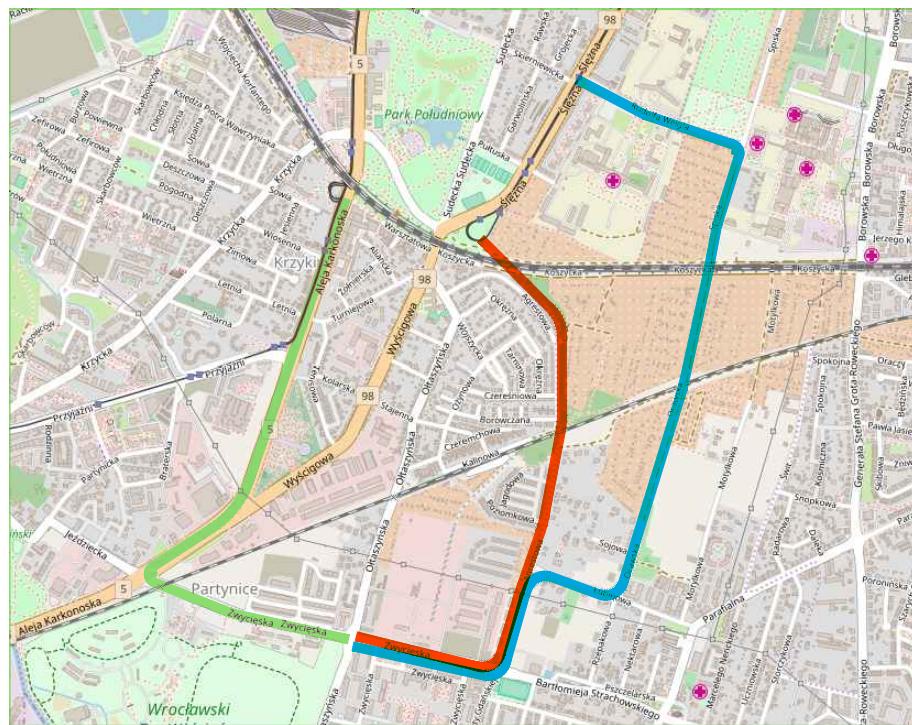
(b) Pętla Swojczyce

**Rysunek 40:** Rozważane lokalizacje „park and ride” we Wrocławiu

(źródło: materiały uzyskane od Biura Zrównoważonej Mobilności miasta Wrocław)

Trzecią lokalizacją wartą rozważenia jest planowane przedłużenie linii kolejowej z pętli Park Południowy do Wysokiej poza granicami miasta (gmina Kobierzyce). Węzeł ten w okolicy ulicy Chabrowej mógłby służyć jako punkt przesiadkowy dla komunikacji podmiejskiej z południowej aglomeracji wrocławskiej (Bielany, Ślęza, Biestrzyków, Suchy Dwór, Karwiany). Planowana początkowo trasa nowej linii opierała się na ośmiu wariantach prowadzących do pętli przy ulicy Zwycięskiej, z których później wybrano trzy do dalszych analiz (pokazanych na rysunku 41). Ostatnio jednak pojawił się pomysł przedłużenia linii w kierunku Wysokiej oraz budowy parkingu „park and ride” o czym mówił w lutym Marek Żabiński, zastępca dyrektora Departamentu Zrównoważonego Rozwoju Urzędu Miasta Wrocław:

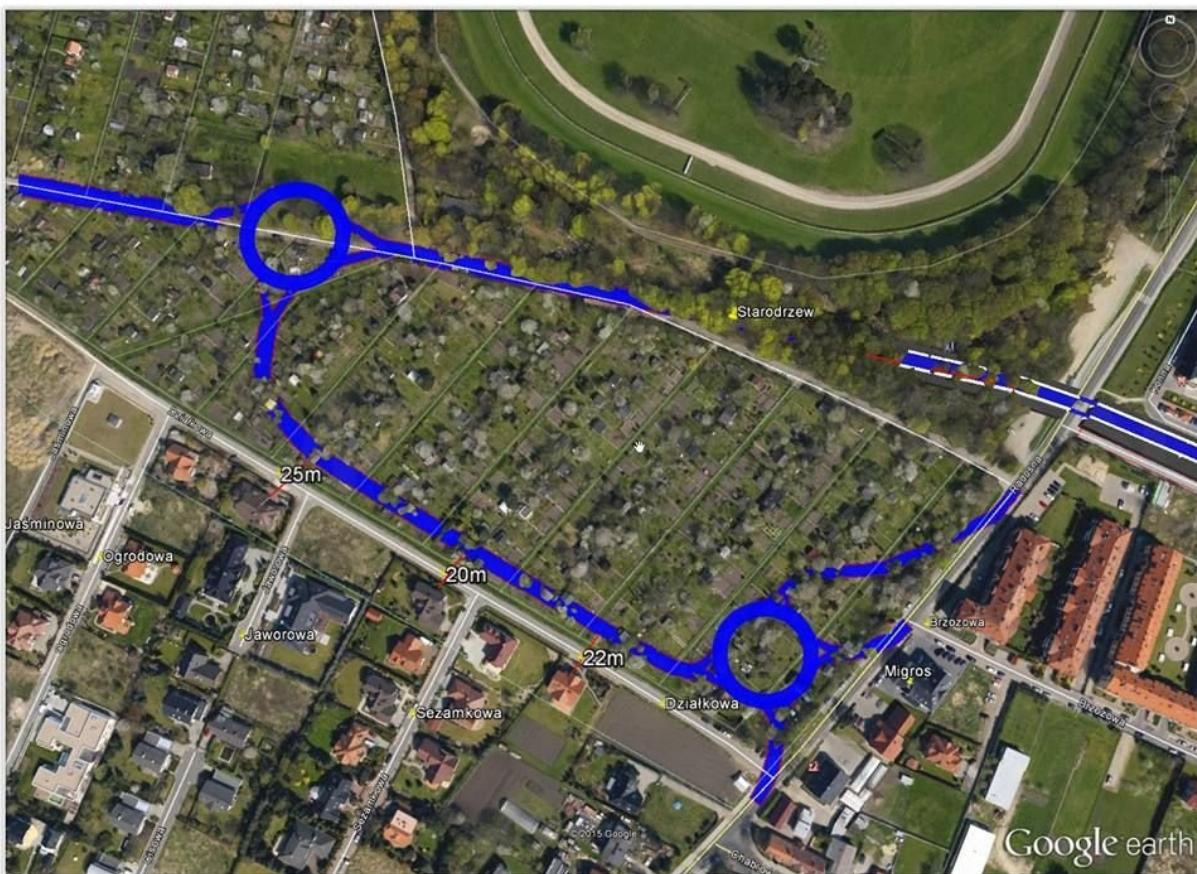
„Przygotowujemy projekt porozumienia intencyjnego, który określi zakresy naszych działań. Przedłużenie trasy tramwajowej w kierunku Wysokiej to korzyść dla obu stron. Mieszkańcy Wrocławia i sąsiedniej gminy zyskają nowy środek transportu do miasta, a osiedla Ołtaszyn czy Partynice będą mogły sprawniej funkcjonować, ponieważ zmniejszy się liczba samochodów korkujących tę część miasta.” [53]



**Rysunek 41:** Warianty trasy nowej linii tramwajowej w kierunku Ołtaszyna  
(źródło: opracowanie własne na podkładzie OpenStreetMap)

Trzy wybrane warianty linii na Ołtaszyn zakładają przebieg trasy przez aleję Karkonoską, Ołtaszyńską lub Agrestową do ulicy Zwycięskiej. Pokazano je na rysunku 41. Wszystkie kończą się przy skrzyżowaniu ulic Ołtaszyńskiej i Zwycięskiej.

Ewentualne przedłużenie linii do Wysokiej miałoby przebiegać ulicą Radosną do ogródków działkowych ROD „Partynice” i tam kończyć się pętlą tramwajową. Dokładny kształt te inwestycji nie jest znany, z uwagi na planowaną Wschodnią Obwodnicę Wrocławia. Wariant WOW, który faworyzuje Dolnośląska Służba Dróg i Kolei zakłada przebieg drogi pomiędzy zabudowaniami w Wysokiej wraz z budową ronda na terenie ogródków działkowych ROD „Partynice”. Przebieg trasy pokazano na rysunku 42.



**Rysunek 42:** Przebieg planowanej Wschodniej Obwodnicy Wrocławia w okolicach Wysokiej  
 (źródło: Kozioł M., *Wschodnia Obwodnica Wrocławia od nowa. Pomysł może opóźnić inwestycję*, Gazeta Wyborcza Wrocław, 14 kwietnia 2016, <http://wroclaw.wyborcza.pl/wroclaw/1,35771,19914023,wschodnia-obwodnica-wroclawia-od-nowa-pomysl-moze-opoznic-inwestycje.html>)

#### 4.1.3 Analiza i wybór wybranych wariantów

Trzy wybrane do dalszej analizy warianty to planowana pętla tramwajowa Swojczyce (przedłużenie linii tramwajowej od Sępolna), istniejąca pętla na Tarnogaju oraz planowana pętla tramwajowa w Wysokiej (przedłużenie linii z Ołtaszyna). Wzięto pod uwagę istniejące oraz ewentualne połączenia komunikacji zbiorowej i kolejowej, kierunki z których przyjeżdżaliby pasażerowie, możliwości podpięcia się pod istniejącą sieć drogową oraz dostępność terenu pod zabudowę.

Z uwagi na bardzo małe możliwości terenowe odrzucono na początku wariant budowy węzła z parkingiem „park and ride” na terenie pętli Tarnogaj. Ponadto lokalizacja umiarkowanie blisko centrum nie jest atrakcyjna z punktu widzenia kierowców – potencjalnych użytkowników parkingu. Pozostałe warianty (Swojczyce i Wysoka) charakteryzują się ciekawszą lokalizacją – przy granicach miasta, na terenach atrakcyjnych dla developerów, co gwarantuje stale zwiększającą się liczbę pasażerów. W przypadku obydwu wariantów teren pod budowę węzła przesiadkowego jest łatwodostępny.

Ostatecznie do dalszej części projektu węzła przesiadkowego z parkingiem „park and ride” wybrano lokalizację na terenie ogródków działkowych obok wsi **Wysoka na południu Wrocławia**. Zasadniczym powodem tego wyboru jest możliwość zintegrowania węzła ze Wschodnią Obwodnicą Wrocławia.

**Tabela 15:** Charakterystyka poszczególnych wariantów

	<b>Swojczyce</b>	<b>Tarnogaj</b>	<b>Wysoka</b>
Połączenia:	Autobusy: 115 (5/h), 118 (1/h); Nocne: 259 (1/h); Tramwaj: linie 9, 17 i 33 dojeżdżają do pętli Sępolno, prawdopodobnie jeden z nich byłby przedłużony do pętli Swojczyce	Autobusy: 100 (2/h), 125 (4/h), 134 (2/h), 136 (2/h); Nocne: 245 (1/h); Tramwaj: 8 (5/h)	Autobusy miejskie: 112 (1/h); Autobusy podmiejskie: 612 (1/h); Tramwaj: linie 9 i 15 dojeżdżają do pętli Park Południowy, prawdopodobnie jedna z nich byłaby przedłużona Wysokiej; Dobra lokalizacja dla linii podmiejskich 852, 862, 872, 892 (1/h)
Połączenie drogowe:	Przez ulicę Swojczycką do DW455. Możliwość bezpośredniego połączenia się do ulicy Swojczyckiej oraz od strony wschodniej do ulicy Chałupniczej	Przez ulicę Tarnogajska do DK94 (GP). Lokalizacja parkingu w środku pętli tramwajowej oznacza problematyczne połączenie z ulicą Tarnogajska	Podłączenie do planowej Wschodniej Obwodnicy Wrocławia przez planowane rondo, dodatkowym atutem jest odległość około 1,5 km do węzła A4 Bielany Wrocławskie
Połączenia kolejowe:	około 500 metrów do stacji kolejowej Wrocław Swojczyce	brak	brak
Dostępność terenu:	Duża, nieużytki	Bardzo mała, część wewnętrz pętli tramwajowej, przy czym połowa tego terenu zajęta jest przez budynki mieszkalne	Średnia, z uwagi na budowę Wschodniej Obwodnicy Wrocławia konieczne będzie zajęcie dużej części ogródków działkowych ROD Partynice
Przewidywani pasażerowie:	Osiedle Olimpia Port, Strachocin i Wojnów (część mieszkańców korzysta raczej z połączenia kolejowego Kolei Dolnośląskich), kierowcy z Dobrzykowic, Kiełczówka i ew. Wilczyc	Mieszkańcy Tarnogaju, Jagodna i Brochowa	Mieszkańcy Wysokiej, Ślęzy, Bielan Wrocławskich, Radomierzyc i Karwian, ew. Żernik Wrocławskich

(źródło: opracowanie własne)

## 4.2 Dane do projektowania – Wysoka

### 4.2.1 Wschodnia Obwodnica Wrocławia

Parametry odcinka Wschodniej Obwodnicy Wrocławia przebiegającego przez Wysoką najprawdopodobniej będą takie same jak dla całości inwestycji. W przypadku odcinka północnego WOW określone już zostały dwa układy drogowe: układ docelowy 2x2 od km 8+070.00 do km 8+420.00 i od km 17+350.00 do km 17+919.44, oraz układ przejściowy 1x2 od km 8+420.00 do km 17+350.00. Kategorię drogi określono jako KR5. Dodatkowe informacje pokazano w tabeli 16.

Klasa techniczna drogi	G 2x2
Przekrój	drogowy
Prędkość projektowa V <sub>p</sub>	70 km/h
Prędkość miarodajna V <sub>m</sub>	90 km/h*
Szerokość jezdni	2 x 3,5 m plus obustronne opaski
Szerokość opaski	0,5 m
Szerokość pasa dzielącego	min. 3,0 m
Szerokość pobocza ulepszzonego	min. 1,25 m
Pochylenie poprzeczne na prostej	2%
Kategoria ruchu	KR5
Dopuszczalny nacisk pojedynczej osi na nawierzchnię jezdni	115 kN/os

**Tabela 16:** Układ docelowy Wschodniej Obwodnicy Wrocławia

(źródło: DSDiK Wrocław, *Budowa drogi wojewódzkiej od drogi wojewódzkiej nr 455 do drogi krajowej nr 98, <http://dw-lany-dlugoleka.pl/index.html>*)

Planowany układ Wschodniej Obwodnicy Wrocławia pokazano na rysunku 42. Ciąg drogowy w okolicy Wysokiej ma być poprowadzony w przekopie zapewniając mieszkańcom okolicznych osiedli ochronę przed hałasem. Znaczco ułatwia to projektowanie krzyżujących się ulic oraz torów tramwajowych, ze względu na możliwość budowy wiaduktów bez konieczności podnoszenia ich niwelet.

### 4.2.2 Stanowiska autobusowe

Linie podmiejskie obsługujące południową część aglomeracji wrocławskiej to linie 872, 852, 892, 862, 812 oraz linia N62 obsługiwane przez gminę Kobierzyce, kursujące co godzinę w dni robocze. Spośród nich aktualnie dwie (N62 oraz 812) kursują przez Wysoką. Południowo-wschodnią część aglomeracji obsługują linie 503, 513, 523, 533 oraz N23, spośród których linie 513, 523 oraz 533 przejeżdżają przez Wysoką. Łącznie daje to 5 linii aktywnie kursujących przez omawiany obszar. Zakładam ponadto, że linie 852, 872, 882 i 892, które dotąd kończyły

swoją trasę na pętli Krzyki (pętla tramwajowo-autobusowa) zmienią swoją trasę i kursować będą do projektowanej pętli w Wysokiej gdzie będzie zapewniona przesiadka do komunikacji tramwajowej i autobusów miejskich. Ostatecznie zakładam 9 linii podmiejskich kursujących do węzła w tym 4 kończące bieg.

- Linie przelotowe: 812, 513, 523, 533 (łącznie 4 autobusy na godzinę), linia nocna N62.
- Linie kończące bieg: 852, 872, 882, 892 (łącznie 4 autobusy na godzinę)

Linie obsługiwane przez MPK Wrocław dojeżdżające do Wysokiej to linie 112 i 612. Linia 112 zmieni trasę i zamiast jechać do pętli Krzyki kończyć bieg będzie na projektowanym węźle. Linia 612 dalej pozostanie przelotowa.

- Linie przelotowe: 612 (1 autobus na godzinę)
- Linie kończące bieg: 112 (2 autobusy na godzinę w godzinach szczytu)

Łącznie daje to 5 pojazdów na godzinę dla linii przelotowych oraz 6 pojazdów na godzinę dla linii kończących bieg. Pojedyncze stanowisko postojowe dla linii przelotowych może obsłużyć do 20 pojazdów na godzinę przy założeniu krótkiego czasu postoju. Z kolei stanowisko dla linii kończących bieg może obsłużyć do 6 pojazdów na godzinę. W obu przypadkach wystarczy po jednym stanowisku, lecz zakładam dwa dodatkowe dla linii kończących bieg z uwagi na fakt, że do węzła dojeżdżają autobusy trzech różnych przewoźników, zatem możliwy jest brak skoordynowania i w efekcie przyjazd wszystkich pojazdów w tym samym momencie. Ostatecznie zakładana liczba stanowisk to cztery (1 dla linii przelotowych oraz 3 dla linii kończących bieg).

#### **4.2.3 Pętla tramwajowa**

W ramach ewentualnego porozumienia między gminą Kobierzyce a miastem Wrocław do pętli tramwajowej będzie dojeżdżała jedna linia tramwajowa, 9 lub 15. W związku z tym zakładam jeden tor główny oraz jeden tor postojowy. Układ pętli będzie zakładał jeden peron dla wsiadających i jeden dla wysiadających.

Linie 9 i 15 obsługiwane są przez pięć modeli pojazdów: Konstal 105na, Konstal 105NWr, Protram 204WrAs, Protram 205WrAs, Moderus Beta MF19AC. Wszystkie mają długość nie-przekraczającą 30 metrów zatem długość peronu tramwajowego to maksymalnie 30 metrów.

#### 4.2.4 Perony

Peron dla wysiadających z autobusu przyjęto jako peron o krawędzi piłowej z trzema stanowiskami, przy których zatrzymują się pojazdy kończące bieg oraz jednym stanowiskiem równoległy dla połączeń przelotowych. Stanowiska dla linii kończących bieg mają po 15 metrów długości (12 metrów na pojazd plus 3 metry na skręt podczas wyjazdu ze stanowiska). Stanowisko dla linii przelotowych ma 12 metrów długości. Łącznie peron dla wysiadających z autobusu ma długość 62 metrów plus dwie pochylnie po 5,8 metra.

Peron dla wsiadających do autobusu ma długość 30 metrów plus dwie pochylnie po 5,8 metra z uwagi na długość tramwaju. Szerokość peronu wynosi 5 metrów.

#### 4.2.5 Parking dla samochodów osobowych

Liczبę miejsc parkingowych przyjęto na podstawie natężenia ruchu na ulicy Radosnej. W obu kierunkach, w szczytce porannym przejezdżają tamtedy 692 pojazdy na godzinę. Przyjmując, że około 10% pojazdów skorzysta z parkingu wyznaczono liczbę miejsc na 69 stanowisk. 10% z tych miejsc przeznaczono na stanowiska dla osób niepełnosprawnych. Ostateczne liczba miejsc parkingowych to 63 stanowiska o szerokości 2,5 metra oraz 6 stanowisk poszerzonych do 3,6 metra dla osób niepełnosprawnych.

#### 4.2.6 Dane dotyczące ruchu

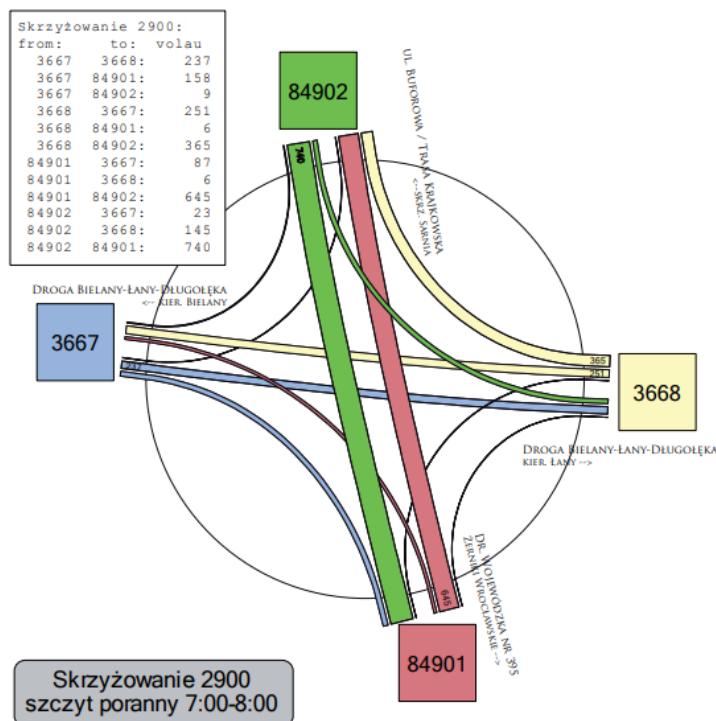
W celu obliczenia skrzyżowania typu rondo w koncepcji 1. oraz sygnalizacji świetlnej dla skrzyżowania w koncepcji 2. posłużono się pomiarem ruchu na ulicy Radosnej oraz prognozowanym ruchem określonym dla odcinka Wschodniej Obwodnicy Wrocławia przez Biuro Rozwoju Wrocławia. Obliczenia przeprowadzono dla szczytu porannego.

**Tabela 17:** Natężenie ruchu w okresach 15-minutowych na ulicy Radosnej

	<b>Godzina</b>	<b>O</b>	<b>C</b>	<b>C+P</b>	<b>A</b>
<b>Na północ</b>	<b>6:30-6:45</b>	108	0	0	1
	<b>6:45-7:00</b>	133	1	0	1
	<b>7:00-7:15</b>	128	1	0	1
	<b>7:15-7:30</b>	138	1	0	1
<b>Na południe</b>	<b>6:30-6:45</b>	43	0	0	2
	<b>6:45-7:00</b>	73	1	0	1
	<b>7:00-7:15</b>	37	1	0	1
	<b>7:15-7:30</b>	32	0	0	1

(źródło: opracowanie własne)

W prognozie ruchu dla trasy Wschodniej Obwodnicy Wrocławia określono natężenie ruchu na poziomie 361 pojazdów na godzinę (w godzinie od 7 do 8) w kierunku zachodnim oraz 404 pojazdy na godzinę w kierunku wschodnim.



**Rysunek 43:** Prognoza ruchu dla skrzyżowania Wschodniej Obwodnicy Wrocławia oraz ulicy Buforowej wykonana przez Biuro Rozwoju Wrocławia

(źródło: Biuro Rozwoju Wrocławia, *Trasa Krajowska, prognoza ruchu na rok 2015*, Wrocław 2008)

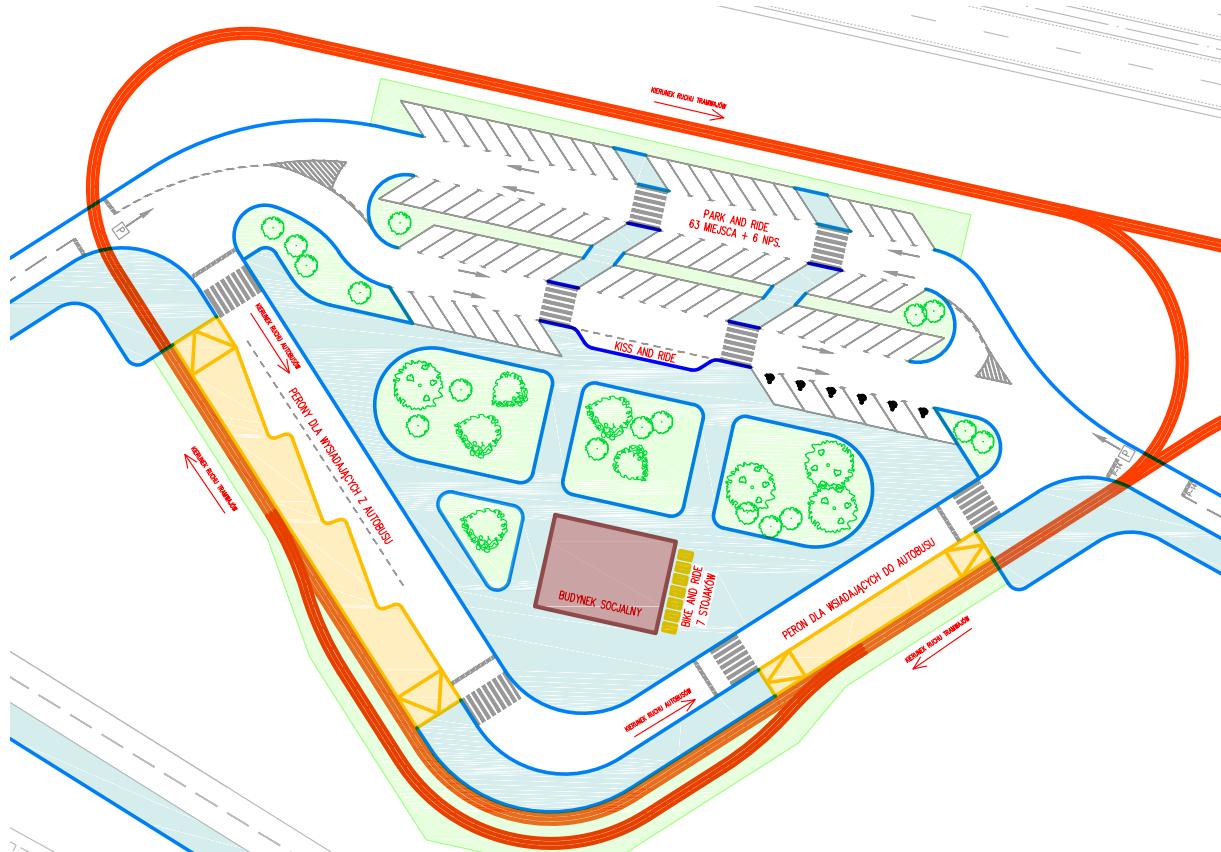
Wykorzystując metodę PKB określono prognozowany ruch na trasie Bielany – Łany. Wskaźniki wzrostu PKB zostały zaczerpnięte z zeszytu GDDKiA dla lat 2008-2040 dla powiatu Wrocław. Zgodnie z nimi wzrost natężenie ruchu z roku bazowego 2008 do roku 2018 będzie obliczany wg wzoru:

$$N_{2018} = N_{2008} \cdot (1 + 4.8\%) \cdot (1 + 1.8\%) \cdot (1 + 3.8\%) \cdot (1 + 3.8\%) \cdot (1 + 2.4\%) \\ \cdot (1 + 3.2\%) \cdot (1 + 3.6\%) \cdot (1 + 3.7\%) \cdot (1 + 3.5\%) \cdot (1 + 3.6\%) \cdot (1 + 3.5\%)$$

Co daje skumulowany wzrost na poziomie 44.83%. Po podstawieniu danych z roku 2008 otrzymujemy ruch prognozowany na rok 2018 – w kierunku wschodnim:  $404 \cdot (1 + 44.83\%) = 585\text{P/h}$ , w kierunku zachodnim:  $361 \cdot (1 + 44.83\%) = 523\text{P/h}$ .

## 4.3 Charakterystyka zaprojektowanych koncepcji

### 4.3.1 Koncepcja nr 1



Rysunek 44: Schemat koncepcji nr 1

(źródło: opracowanie własne)

Koncepcja nr 1 zlokalizowana jest pomiędzy trasą Wschodniej Obwodnicy Wrocławia, istniejącą ulicą Radosną oraz planowanym odcinkiem łącznika WOW z Wysoką na terenie obecnych ogródków działkowych ROD Partynice. Wjazd na teren węzła odbywa się za pomocą dwóch jezdni z dwoma pasami ruchu o szerokości 3 metrów każdy.

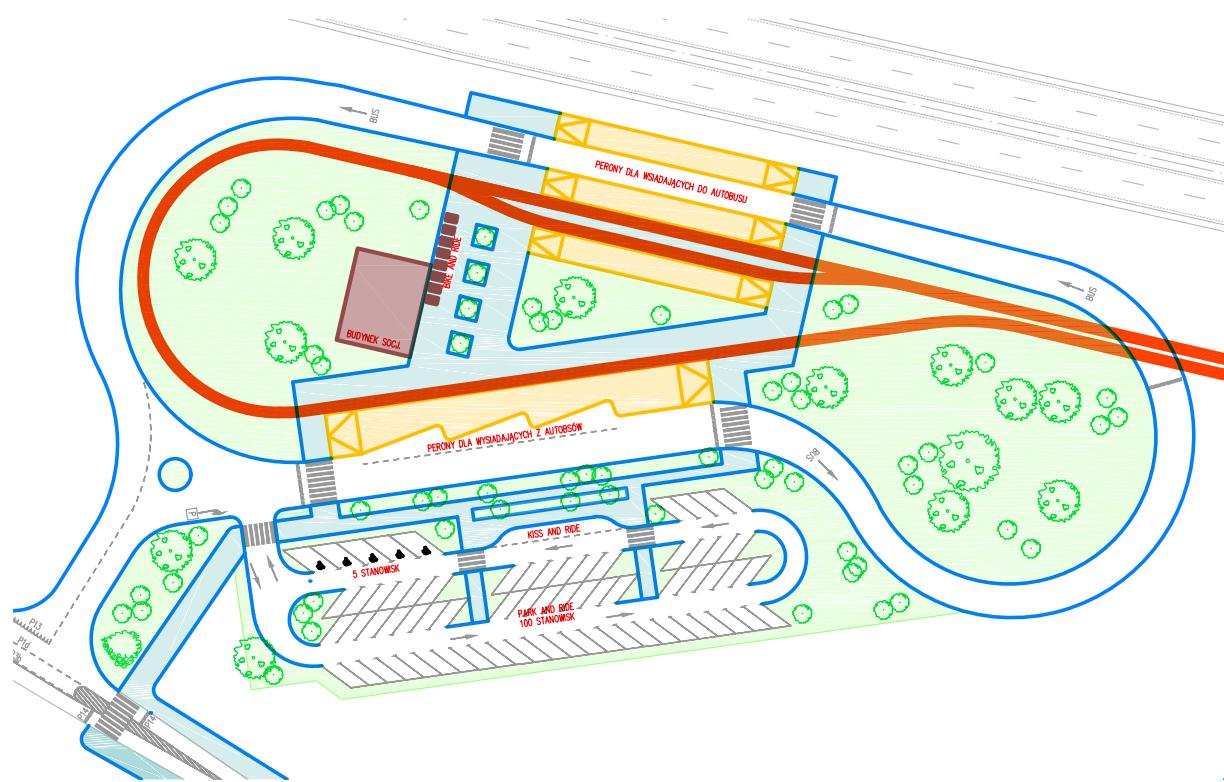
Ruch na pętli tramwajowej odbywa się zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Układ pętli to układ trójkątny z dodatkowym torem postojowym. Promienie łuków poziomych wynoszą 25 metrów. Ruch na pętli autobusowej odbywa się w przeciwną stronę dzięki czemu przesiadki odbywają się w trybie „drzwi w drzwi”. Węzeł wyposażony jest jeden peron o krawędzi piłowej o długości 62 metrów, na którym odbywają się przesiadki z autobusów do tramwaju oraz jeden peron dla wysiadających z tramwaju i wsiadających do autobusu o długości 30 metrów.

Na terenie węzła, wewnętrz pętli tramwajowej umieszczono parking „park and ride” posiadający 63 stanowiska dla samochodów osobowych, 6 stanowisk dla osób niepełnosprawnych oraz zatokę

„kiss and ride” zapewniającą krótkotrwały postój dla maksymalnie trzech samochodów. Jezdnia manewrowa na terenie parkingu ma szerokość 6,5 metra i podzielona jest na dwa pasy po 3,25 metra. Ruch na niej odbywa się jednokierunkowo. Węzeł przesiadkowy wyposażony jest również w 7 stojaków rowerowych znajdujących się obok budynku socjalnego w centrum węzła.

Węzeł posiada dużo terenu zielonego oraz szerokie (minimum 3 metry) chodniki. Ruch pieszych po drogach manewrowych jest nieograniczony przeszkodami a nawierzchnia torowiska w okolicach peronów tramwajowych zaprojektowana jest jako chodnik z kostki. Perony wyposażone są w pochylnie ułatwiające dostęp pasażerom.

#### **4.3.2 Koncepcja nr 2**



**Rysunek 45:** Schemat koncepcji nr 2

(źródło: opracowanie własne)

Koncepcja nr 2 również zlokalizowana jest pomiędzy trasą Wschodniej Obwodnicy Wrocławia, istniejącą ulicą Radosną oraz planowanym odcinkiem łącznika WOW z Wysoką na terenie obecnych ogródków działkowych ROD Partynice. Wjazd na teren węzła odbywa się za pomocą jednej drogi łączącej się z planowanym łącznikiem za pomocą skrzyżowania skanalizowanego.

Ruch na pętli tramwajowej odbywa się przeciwnie do ruchu wskazówek zegara. Układ pętli to kropla niesymetryczna, zaś dodatkowy tor postojowy zlokalizowany jest obok peronu tramwajowego dla wysiadających. Promienie łuków poziomych wynoszą 25 metrów. Ruch na pętli autobusowej odbywa się w przeciwną stronę dzięki czemu przesiadki są bardziej komfortowe. Ze względu na lokalizację drzwi w autobusach po prawej stronie nie jest możliwa przesiadka „drzwi w drzwi”. Węzeł wyposażony jest w trzy perony o długości 35 metrów, na którym odbywają się przesiadki z tramwaju (przystanek końcowy) do autobusów oraz jeden peron dla wysiadających z autobusów i wsiadających do tramwaju o schemacie takim samym jak w koncepcji nr 1. Jezdnia manewrowa pętli autobusowej ma szerokość 7 metrów a wszystkie łuki poziome mają promień około 30 metrów co zapewnia komfortowe warunki dla dużych pojazdów komunikacji zbiorowej.

Obok węzła znajduje się parking „park and ride” posiadający 69 stanowisk dla samochodów osobowych, 6 stanowisk dla osób niepełnosprawnych oraz zatokę „kiss and ride” zapewniającą krótkotrwala postój dla maksymalnie trzech samochodów. Jezdnia manewrowa na terenie parkingu ma szerokość 6,5 metra i podzielona jest na dwa pasy po 3,25 metra. Ruch na niej odbywa się jednokierunkowo. Węzeł przesiadkowy wyposażony jest również w 12 stojaków rowerowych, które znajdują się w centrum węzła.

W porównaniu do koncepcji nr 1, węzeł ten posiada mniej taktu zielenego w obszarze ruchu pieszych ale duża część torowiska tramwajowego zrealizowana jest w systemie torowiska zielonego.

#### 4.3.3 Analiza przedstawionych wariantów

W celu wyboru optymalnego wariantu dokonano ich oceny. Pod uwagę wzięto następujące czynniki bazując na metodzie AMPTI:

- Zwartość węzła na podstawie średniej ważonej odległości między wszystkimi peronami (waga 0.3)
- Odległość peronów od parkingów K+R, P+R (waga 0.2)
- Odległość peronów od parkingów B+R (waga 0.05)
- Czytelność węzła na podstawie widoczności poszczególnych peronów z miejsc charakterystycznych (waga 0.1)
- Wyposażenie dodatkowe węzła (waga 0.05)
- Poziom bezpieczeństwa przejść na obszarze węzła (waga 0.1)
- Komfort przesiadek (waga 0.2)

**Tabela 18:** Macierz odległości między peronami dla koncepcji nr 1

K1	P1a	P1b	P1c	P1d	P2
P1a	5.00	17.10	34.20	52.80	108.73
P1b	17.10	5.00	17.10	35.70	96.30
P1c	34.20	17.10	5.00	18.60	85.31
P1d	52.80	35.70	18.60	4.00	73.44
P2	108.73	96.30	85.31	73.44	6.00

(źródło: opracowanie własne)

**Tabela 19:** Macierz odległości między peronami dla koncepcji nr 2

K2	P1a	P1b	P1c	P1d	P2a	P2b	P2c
P1a	5.00	17.10	34.20	52.80	74.96	86.84	97.54
P1b	17.10	5.00	17.10	35.70	57.86	69.74	80.44
P1c	34.20	17.10	5.00	18.60	74.96	86.84	97.54
P1d	52.80	35.70	18.60	4.00	70.38	82.26	92.96
P2a	74.96	57.86	74.96	70.38	11.67	11.88	22.58
P2b	86.84	69.74	86.84	82.26	11.88	11.67	10.70
P2c	97.54	80.44	97.54	92.96	22.58	10.70	11.67

(źródło: opracowanie własne)

W tabelach 18 oraz 19 pokazano wzajemne odległości między peronami. W przypadku przesiadek na tym samym peronie odległość miarodajną określono jako jedną trzecią długości peronu. Ocenę tego wskaźnika (od 0 do 5) uzyskano przyjmując, że maksymalna odległość  $d$  jaką jest skłonny przejść pieszy wynosi 300 metrów skąd uzyskano wzór 9:

$$W1 = \frac{300 - d}{300} \cdot 5 \quad (9)$$

**Tabela 20:** Odległości parkingów P+R, K+R, B+R od peronów dla koncepcji nr 1

	P1a	P1b	P1c	P1d	P2
P+R, K+R	66.15	61.09	59.35	61.13	56.45
B+R 1	77.92	64.7	53.51	42.81	31.83

(źródło: opracowanie własne)

**Tabela 21:** Odległość parkingów P+R, K+R, B+R od peronów dla koncepcji nr 2

	P1a	P1b	P1c	P1d	P2a	P2b	P2c
<b>P+R, K+R</b>	35.13	25.13	23.41	30.51	100.89	112.77	123.47
<b>B+R 1</b>	34.56	32.09	37.67	49.22	36.35	48.23	58.93

(źródło: opracowanie własne)

W tabelach 20 oraz 21 przedstawiono odległości poszczególnych peronów od parkingu Kiss and Ride (uznano, że odległość do części Park and Ride jest taka sama) oraz od parkingów Bike and Ride. Również i tutaj uznano, że komfortową odlegością jest 300 metrów i zastosowano wzór 9 do obliczenia wskaźników W2 i W3.

Czytelność węzła określono jakościowo. W przypadku koncepcji nr 1 jedynymi czynnikami zaślaniającymi widok pomiędzy peronami mogą być przejeżdżające autobusy dlatego ocena to 4.5, w przypadku koncepcji nr 2 widok pomiędzy peronami dla wsiadających a peronami dla wysiadających ograniczona będzie przez autobusy oraz tramwaje oczekujące na pasażerów lub stojące na torze postojowym w związku z tym ocena to 3.

Wyposażenie dodatkowe węzła w obu przypadkach to parkingi park and ride, kiss and ride bike and ride oraz budynek socjalny wyposażony w toalety publiczne. Ponadto zakłada się tablice informacyjne, ławki, oświetlenie, biletomaty oraz rozkłady jazdy. Ocena węzła nr 1 to 5, a ocena węzła nr 2 została obniżona o 0.5 z uwagi na małą powierzchnię zieloną oraz dojście do węzła jedynie od jednej ulicy.

Przy analizie bezpieczeństwa obu węzłów wzięto pod uwagę liczbę punktów kolizji z ruchem autobusowym, samochodowym i tramwajowym. W przypadku koncepcji nr 1 parking park and ride jest odseparowany od części peronowej, a kolizja z ruchem autobusowym występuje jedynie przy próbie wejścia na peron. Kolizja z tramwajami również jest ograniczona i nie występuje podczas przejścia pomiędzy parkingiem a peronami a jedynie przy trasie do okolicznych ulic. W przypadku koncepcji nr 2 dojście do peronów od strony ulic oznacza konieczność pokonania ulicy dla samochodów wjeżdżających na parking oraz drogi dla autobusów. Przejście między peronami wiąże się z przejściem dwukrotnie przez torowisko tramwajowe. Biorąc pod uwagę te czynniki ocena dla węzła nr 1 to 4.5 a dla węzła 2 to 3.

Oceniając komfort przesiadek zauważono, że w koncepcji nr 1 przesiadki pomiędzy różnymi środkami transportu odbywają się w trybie „drzwi w drzwi”, zaś w koncepcji nr 2 nie ma takiej możliwości z uwagi na zgodny kierunek ruchu tramwajów i autobusów na ich pętlach. Z racji, że przesiadki z autobusów podmiejskich na tramwaj w godzinach porannych oraz odwrotnie w godzinach popołudniowych są domniemanie, że będą stanowić zdecydowaną większość przesiadek zdecydowano się na ocenę 5 dla węzła nr 1 oraz 4 dla węzła nr 2.

**Tabela 22:** Ocena wskaźnikowa obu koncepcji

<b>Wskaźnik</b>	<b>Symbol</b>	<b>Waga</b>	<b>K1</b>	<b>Ocena</b>	<b>K2</b>	<b>Ocena</b>
Średnia odległość między peronami	W1	0.30	44.14	4.3	32.41	4.5
Średnia odległość od parkingów P+R, K+R	W2a	0.20	60.83	4.0	64.47	3.9
Średnia odległość od parkingów B+R	W2b	0.05	54.15	4.1	42.44	4.3
Czytelność węzła	W3	0.10	bdb	5	dst	3
Wyposażenie dodatkowe	W4	0.05	bdb	5	bdb	4.5
Poziom bezpieczeństwa	W5	0.10	bdb	4.5	dst	3
Komfort przesiadek	W6	0.20	bdb	5	db	4
<b>Średnia ważona</b>	<b>Avg</b>	<b>1.00</b>		<b>4.48</b>		<b>3.96</b>

(źródło: opracowanie własne)

Jak wynika z tabeli 22 koncepcja nr 1 uzyskała wyższą średnią niż koncepcja nr 2 pomimo większych odległości koniecznych do pokonania przez pasażerów. Wynika to głównie z lepszego systemu przesiadek oraz bezpieczniejszych tras dla pieszych na terenie węzła. W przypadku wariantu nr 1 dodatkowym atutem jest również możliwość zwracania pojazdów tramwajowych na terenie pętli, czego nie przewiduje wariant nr 2.

## **4.4 Obliczenia dla koncepcji nr 1**

### **4.4.1 Obliczenia łuków poziomych torów tramwajowych**

Krzywe przejściowe dla torów tramwajowych założono jako dodatkowe łuki kołowe o dwukrotnym promieniu łuków przejściowych w stosunku do promieni zasadniczych. Długość krzywej przejściowej przyjęto jako 6 metrów.

**Tabela 23:** Obliczenia krzywych przejściowych

Obliczany element	L1	L2	L3
<b>Luk pierwotny</b>			
$\alpha$	135.0000	90.0000	30.0000
$\alpha$ (rad)	2.3562	1.5708	0.5236
$R$	25.0000	26.0000	27.0000
$T = R \cdot \tan(\alpha/2)$	60.3553	26.0000	7.2346
$SW = \frac{T}{\sin(\alpha/2)}$	65.3281	36.7696	27.9525
<b>Luki przejściowe</b>			
$\gamma$	6.8755	6.7407	6.6111
$\gamma$ (rad)	0.1200	0.1176	0.1154
$R_p$	50.0000	51.0000	52.0000
$T_p = R_p \cdot \tan(\gamma/2)$	3.0036	3.0035	3.0033
$L = \pi \cdot R_p \cdot \gamma/180^\circ$	6.0000	6.0000	6.0000
<b>Luk przesunięty i skrócony</b>			
$n = (1 - \cos(\gamma))(R_p - R)$	0.1798	0.1728	0.1662
$m = (1 + \cos(\gamma))(R_p - R) \cdot \tan(\alpha/2)$	120.2766	49.8272	13.3529
$a = n \cdot \tan(\alpha/2)$	0.4340	0.1728	0.0445
$b = \frac{n}{\cos(\alpha/2)}$	0.4698	0.2444	0.1721
$\alpha' = \alpha - 2\gamma$	121.2490	76.5186	16.7779
$\alpha'$ (rad)	2.1162	1.3355	0.2928
$T' = R \cdot \tan(\alpha'/2)$	44.4123	20.5036	3.9817
$L' = \pi R \alpha'/180^\circ$	52.9049	34.7231	7.9064
<b>Cały układ</b>			
$T_c = T + a + m$	165.1229	70.5036	17.3792
$L_c = t' + 2L$	56.4123	32.5036	15.9817
$SW' = SW + b$	65.7979	37.0139	28.1246

#### 4.4.2 Obliczenia poziomu swobody pieszych

Do obliczeń przyjęto hipotetyczną sytuację gdzie wszystkie autobusy (11 linii) przyjeżdżają w tym samym czasie (15 minut). Najpopularniejszy model autobusu bezprzewodowego we

Wrocławiu to Mercedes-Benz O530, który jest w stanie pomieścić 108 pasażerów. Przyjmując zatłoczenie na poziomie 60% daje to liczbę pasażerów równą:

$$L_p = 11 \cdot 108 \cdot 0.6 = 713 \quad (10)$$

Prędkość ruchu pasażerów wynosi  $V_p = 1.49 \text{ km/h}$  co jest równe  $V_p = 5.36 \text{ m/s}$ .

W czasie  $t = 15 \text{ min}$  oraz przy założeniu minimalnej szerokości chodnika równej  $B = 2.00 \text{ m}$  daje to zatłoczenie równe:

$$k = \frac{L_p}{V_p \cdot B \cdot t} = \frac{713}{5.36 \cdot 2.00 \cdot 900} = 0.074 \text{ pas/s} \quad (11)$$

Zgodnie z tabelą 11 jest to poziom swobody ruchu pieszych A (swoboda poruszania się). Okazuje się zatem, że chodniki o minimalnej szerokości 2 metrów są w stanie zapewnić odpowiednie warunki ruchu dla pieszych.

#### 4.4.3 Nawierzchnia jezdni

Zalecana kategoria ruchu jezdni na terenie węzła przesiadkowego oraz parkingów z udziałem pojazdów ciężkich to KR4. Dla tej kategorii, w zależności od grupy nośności podłoża, określono schemat układu warstw jezdni na podstawie Katalogu Nawierzchni Podatnych [47] przyjmując grupę nośności podłoża G2.

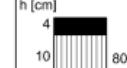
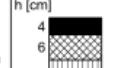
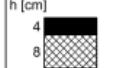
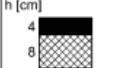
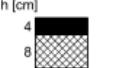
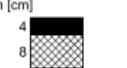
**Tabela 24:** Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu KR3 i KR4

		TYP 5	TYP 6	TYP 7 (nie stosuje się, gdy wymagana jest warstwa odszczajająca)	TYP 8	TYP 9
GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	G4	PP 15 WM 20 WUP 25	PP 18 WUP 40	PP 15 WM 22 WUP 25	PP 24 WUP 40	PP 24 WUP 40
	G3	PP 15 WM 20 WUP 20	PP 18 WUP 25	PP 15 WM 22 WUP 20	PP 24 WUP 20	PP 24 WUP 25
	G2	PP 15 WM 20	PP 18 WUP 25	PP 15 WM 22	PP 24 WUP 25	PP 24 WUP 25
	G1	PP 15	PP 15	PP 18 WM* 18	WM* 22 PP 15	PP 15

(źródło: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych*, opracowanie Katedry Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2014 [47])

W tabeli 24 pokazano typowe rozwiązania dolnych warstw nawierzchni stosowane dla kategorii ruchu KR3 i KR4. W projekcie przyjąłem warstwę dolną jako podbudowę pomocniczą z mieszanki związanego spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym o grubości 22 cm.

**Tabela 25:** Typowe rozwiązania górnych warstw konstrukcji nawierzchni – typ B

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100kN)	0,03 - 0,09	0,09 - 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 7,4	7,4 - 22,0	22,0 - 52,0	> 52,0
<b>TYP B</b>							
<b>LEGENDA:</b>							
 warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej;  warstwa wiążąca z betonu asfaltowego;  warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego;  wymagany wtórny moduł odkształcenia $E_2$							
<b>UWAGA:</b> W przypadku zastosowania podbudowy pomocniczej związanej spoiwem hydraulicznym należy zastosować zabiegi minimalizujące ryzyko powstania spękań odbitych zgodnie z punktami 7.43 - 7.55 dobrane w zależności od wytrzymałości podbudowy na ściskanie.							

(źródło: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych*, opracowanie Katedry Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2014 [47])

W tabeli 25 pokazano propozycję górnych warstw nawierzchni wg typu B (podbudowa zasadnicza: beton asfaltowy AC). Dla kategorii ruchu KR4 składa się ona z warstwy ścieralnej z mieszanki mineralno-asfaltowej gr. 4 cm, warstwy wiążącej z betonu asfaltowego gr. 8 cm, warstwy podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego gr. 14 cm.

Ostatecznie, nawierzchnia jezdni na terenie węzła przesiadkowego ma następujący układ warstw:

1. warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej gr. 4 cm
2. warstwa wiążąca z betonu asfaltowego gr. 8 cm
3. warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego gr. 14 cm
4. podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym gr. 22 cm

## **4.5 Opis techniczny**

### **4.5.1 Cel i zakres pracy**

Celem pracy jest zaprojektowanie węzła przesiadkowego tramwajowo-autobusowego na terenie miasta Wrocławia aby poprawić sytuację drogową w rozważanym obszarze miasta poprzez zachęcenie kierowców do skorzystania z parkingu „park and ride” i użycia komunikacji zbiorowej do podróży do centrum miasta oraz zachęcenie mieszkańców terenów podmiejskich do skorzystania z autobusów podmiejskich.

W zakres pracy wchodzi wybór odpowiedniej lokalizacji, wybór optymalnego wariantu koncepcji węzła przesiadkowego oraz wykonanie koniecznych obliczeń i rysunków technicznych.

### **4.5.2 Podstawa prawna**

Podstawą prawną i merytoryczną tego projektu są następujące dokumenty:

- Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, *Wytyczne projektowania ulic*, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa, 1992 [46]
- Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych*, opracowanie Katedry Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2014 [47]
- Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych*, opracowanie Katedry Dróg i Lotnisk Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014 [48]
- Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym: Dz.U. 2011 nr 5 poz. 13 [49]
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430) [50]
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2015r. poz. 1422) [51]

### 4.5.3 Opis sytuacji

#### Stan istniejący

W chwili obecnej we Wrocławiu znajduje się siedem węzłów wyposażonych w parking „park and ride”. Znajdują się one głównie na północnym zachodzie oraz południu miasta. Lokalizacją wybraną do projektu są okolice ulicy Radosnej w Wysokiej na południe od miasta. Proponowana lokalizacja znajduje się w znaczającej odległości od innych obiektów tego typu zatem nie będzie wpływać na ich działanie. Na terenie proponowanego węzła przesiadkowego znajdują się ogródki działkowe ROD „Partynice”.

#### Stan przyszły

W okolicach omawianego obszaru planowane są dwie duże inwestycje, które wpłynęły na atrakcyjność tej lokalizacji. Pierwszą z nich jest możliwość poprowadzenia linii tramwajowej z pętli Park Południowy, a drugą planowana Wschodnia Obwodnica Wrocławia. W związku z pierwszą prawdopodobna jest przebudowa ulicy Radosnej i Ołtaszyńskiej, a w związku z drugą niwelacja terenów działkowych pod budowę planowanej trasy WOW oraz łącznika do ulicy Radosnej. Planowany projekt węzła przesiadkowego bierze obie pod uwagę i w wyborze lokalizacji uwzględniono ewentualny przebieg WOW.

#### Komunikacja publiczna

Komunikacja tramwajowa dojeżdżająca do węzła będzie miała postać kontynuacji istniejącej linii 9 lub 15 od pętli Park Południowy. W projekcie założono obsługę tych linii za pomocą pętli tramwajowej.

Tereny na południe od Wrocławia obsługiwane są na południu przez linie 872, 852, 892, 862, 812 oraz linia N62 należące do gminy Kobierzyce, kursujące co godzinę w dni robocze. Spośród nich aktualnie dwie (N62 oraz 812) kursują przez Wysoką. Południowo-wschodnią część obsługującą linie 503, 513, 523, 533 oraz N23, spośród których linie 513, 523 oraz 533 przejeżdżają przez Wysoką. Łącznie daje to 5 linii aktywnie kursujących przez omawiany obszar. Założono, że linie 852, 872, 882 i 892, które dotąd kończyły swoją trasę na pętli Krzyki (piętla tramwajowo-autobusowa) zmienią swoją trasę i kursować będą do projektowanej pętli w Wysokiej gdzie będzie zapewniona przesiadka do komunikacji tramwajowej i autobusów miejskich.

Linie obsługiwane przez MPK Wrocław dojeżdżające do Wysokiej to linie 112 i 612. Linia 112 zmieni trasę i zamiast jechać do pętli Krzyki kończyć bieg będzie na projektowanym węźle. Linia 612 dalej pozostanie przelotowa.

#### **4.5.4 Proponowane rozwiązania**

##### **Pętla tramwajowa**

Zaprojektowana pętla tramwajowa ma układ trójkątny o kątach  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $45^\circ$ . Ruch na pętli odbywać się będzie w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara. Pętla wyposażona będzie w jeden tor główny oraz odcinek toru postojowego ulokowany pomiędzy peronem dla wysiadających z tramwaju a peronem dla wsiadających do tramwaju. Odległość w osiach między torami głównym a postojowymi to 3,90 metra. Wszystkie łuki poziome mają promień zasadniczy o wartości 25 metrów oraz wyposażone są w krzywe przejściowe w postaci łuków przejściowych o promieniach 50 metrów. Łuki poziome przed terenem węzła mają promień o wartości 50 metrów i promień łuków przejściowych o wartości 100 metrów. Rozjazdy zaprojektowane są jako łuki o promieniach 50 metrów. Na łukach poziomych zaprojektowano przechyłki zapewniające odpowiednie zrównoważenie sił odśrodkowych.

Torowisko na terenie pętli zaprojektowano w trzech wariantach – jako torowisko zabudowane trawą w systemie Rheda Green City, jako torowisko zabudowane nawierzchnią chodnika oraz jako torowisko wspólne z jezdnią drogową na terenie przejazdów tramwajowych.

##### **Pętla autobusowa**

Autobusy zatrzymujące się na pętli będą miały możliwość wjazdu na teren węzła za pomocą dwóch wjazdów – jeden od strony ulicy Radosnej oraz drugi od strony projektowanego łącznika. Promienie łuków poziomych na obu skrzyżowaniach wynoszą co najmniej 12 metrów zapewniając komfortowe pole skrętu dla pojazdów autobusowych. Jezdnie łączące węzeł z siecią drogową miasta mają szerokość 6 metrów (dwa pasy po 3 metry).

Jedzdnia właściwa dla autobusów na terenie pętli ma szerokość 6,50 metra w części obok peronu dla wysiadających z autobusów oraz 7,00 metra w części dla wsiadających do autobusów. Promienie łuków wewnętrznych na obszarze pętli wynoszą minimum 15,00 metrów.

Nawierzchnię jezdni zaprojektowano dla kategorii ruchu KR4 jako nawierzchnię podatną o układzie warstw:

1. warstwa ścieralna z mieszanki mineralno-asfaltowej gr. 4 cm
2. warstwa wiążąca z betonu asfaltowego gr. 8 cm
3. warstwa podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego gr. 14 cm
4. podbudowa pomocnicza z mieszanki związanego spoiwem hydraulicznym lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym gr. 22 cm

## **Perony dla pasażerów**

Peron dla wysiadających z autobusu (P1) zaproponowano jako krawędź piłową z trzema stanowiskami dla autobusów kończących bieg o długości 12 metrów z dodatkowymi 3 metrami na potrzeby wyjazdu oraz jednym stanowiskiem równoległym dla autobusów przelotowych o długości 12 metrów. Końce peronu wyposażone są w pochylnie o długości 5,80 metra. Z drugiej strony peronu odbywa się przesiadka pasażerów do komunikacji tramwajowej. Wysokość peronu nad poziomem główki szyny to 16 centymetrów. Odległość peronu od osi toru tramwajowego to 1,25 metra.

Od strony torowiska tramwajowego perony zabudowane są prefabrykowaną ścianką L60 o grubości 10 centymetrów, zaś od strony jezdni autobusowej krawężnikiem betonowym o wysokości 40 cm. Nawierzchnia peronu wykonana jest z kostki betonowej o grubości 10 cm na podbudowie z piasku zagęszczonego oraz niesortu i ma spadek o pochyleniu 2% w kierunku jezdni drogowej.

Peron dla wysiadających (P2) do autobusów ma długość 30 metrów z uwagi na długość pojazdu tramwajowego. Pozwala na zatrzymanie dwóch autobusów. Od strony torowiska peron pozwala na przyjęcie wysiadających pasażerów z tramwaju. Wysokość peronu również wynosi 16 cm ponad poziom główki szyny. Nawierzchnia peronu jest taka sama jak dla peronu P1. Peron kończy się pochylniami o długości 5,80 metra.

## **Parking dla samochodów**

Parking „park and ride” rozwiązyano jako plac o ruchu okrężnym, jednokierunkowym z miejscami postojowymi pod kątem 45°. Szerokość miejsc postojowych to 2,50 metra oraz 3,60 metra dla stanowisk dla osób niepełnosprawnych. Szerokość jezdni na terenie parkingu wynosi 6,50 metra. Liczba miejsc postojowych na parkingu wynosi 63 miejsca zwykłe oraz 6 dla osób niepełnosprawnych. Parking wyposażony jest dodatkowo w zatokę „kiss and ride” zdolną pomieścić 3 pojazdy naraz. Nawierzchnia parkingu jest taka sama jak dla jezdni pętli autobusowej.

## **Ciągi piesze**

Chodniki na terenie węzła mają szerokość minimum 3,00 metra a w większości przypadków 5,00 metra co zapewnia komfort dla pieszych nawet podczas godzin szczytu. Nawierzchnię chodników zaprojektowano jako kotkę betonową o grubości 8 cm na podbudowie z piasku zagęszczonego o grubości 15 cm. W miarę możliwości wszystkie spadki wykonywane są w stronę jezdni lub terenów zielonych.

## **Organizacja ruchu**

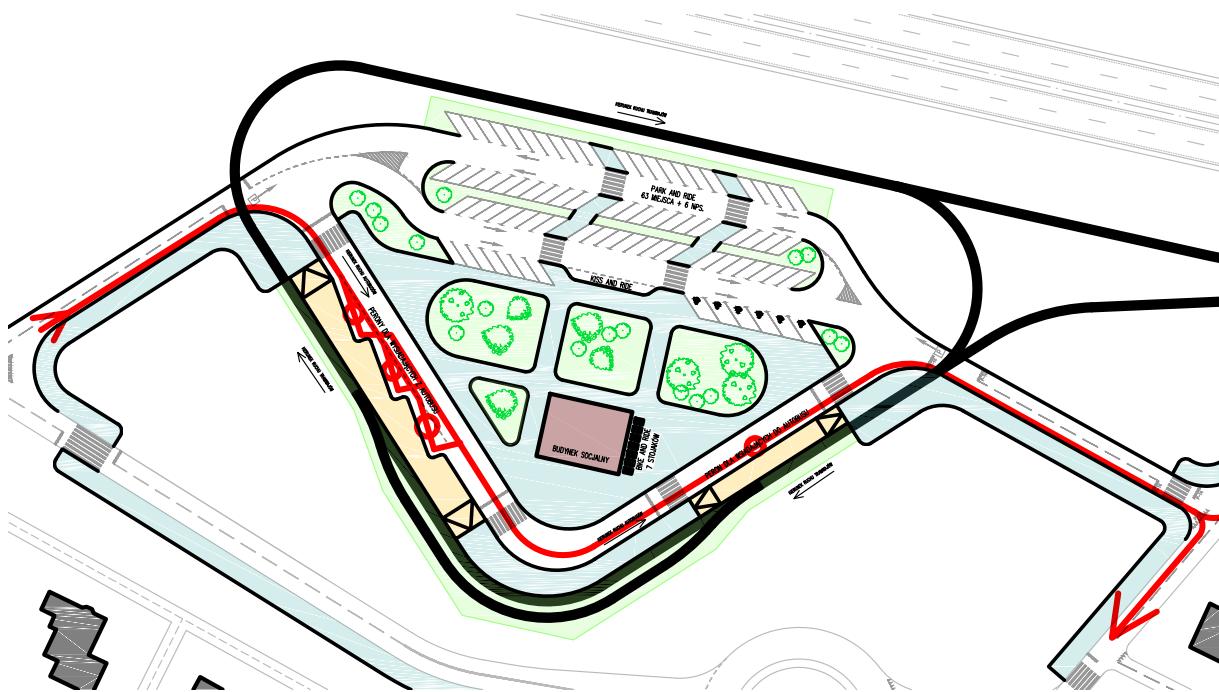
Na terenie węzła ograniczono prędkość ruchu do 30 km/h. Kierunki ruchu pojazdów wyznaczane są za pomocą odpowiedniego oznakowania poziomego oraz pionowego. Wjazdy na teren węzła oznaczone są specjalnym znakiem informującym o możliwości skorzystania z parkingu „park and ride”. Na obszarze węzła wyznaczono w najważniejszych miejscach przejście dla pieszych oznakowane znakami poziomymi i pionowymi, ale przyjmuje się ruch pieszych również w miejscach do tego niewyznaczonych.

## **Infrastruktura węzła**

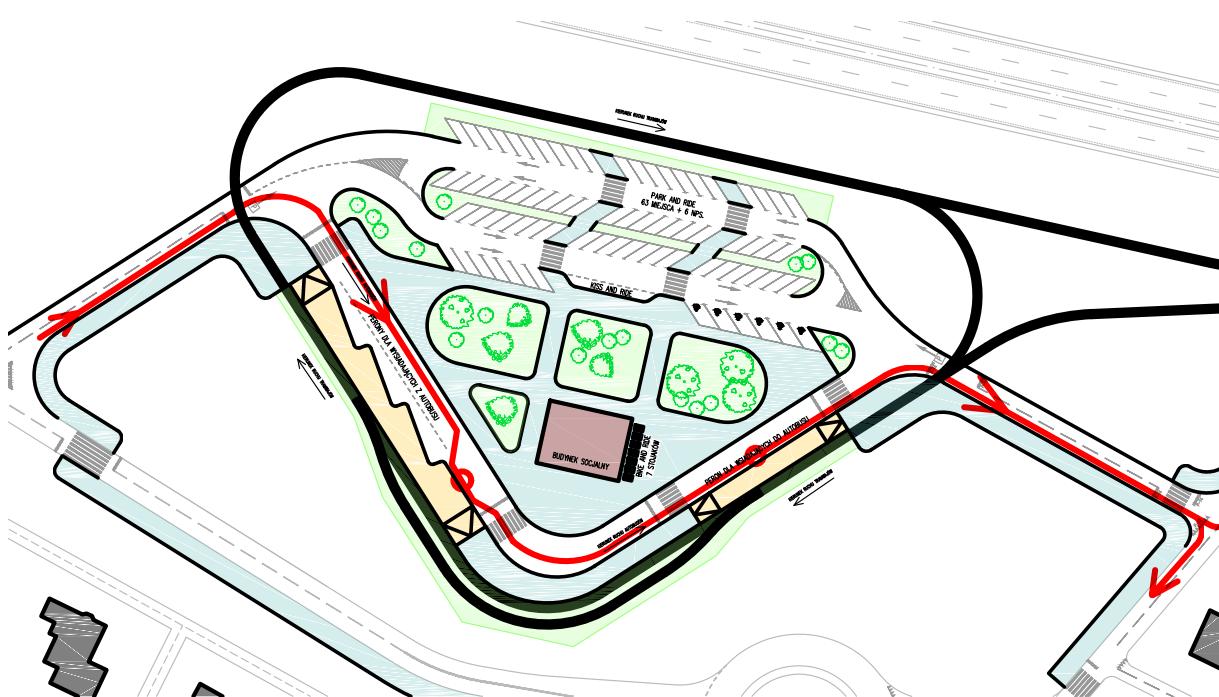
Poza omawianymi elementami węzła wyposażony jest również w budynek socjalny z toaletami publicznymi oraz w parking dla rowerów „bike and ride” wyposażony w 7 stojaków zapewniających maksymalnie do 28 miejsc na rowery. Oba te elementy znajdują się w centrum dworca. Ponadto węzeł posiada dużą ilość terenów zielonych, na których przygotowano wegetację roślin wysokich i niskich oraz usytuowanie ławek zapewniając atrakcyjną przestrzeń do odpoczynku lub oczekiwania na komunikację publiczną.

### **4.5.5 Schemat funkcjonalno-ruchowy**

Wjazd autobusów na teren węzła będzie się odbywał za pośrednictwem łącznika WOW. Wyjazd realizowany jest przez drogę łączącą się z ulicą Radosną. Dzięki temu ruch autobusów na terenie węzła będzie jednokierunkowy. Na rysunkach 46 oraz 47 pokazano organizację ruchu pojazdów autobusowych kończących bieg (linie 112, 852, 872, 882, 892) oraz przelotowych (linie 612, 812, 513, 523, 533).



**Rysunek 46:** Schemat organizacji ruchu dla linii kończących bieg  
(źródło: opracowanie własne)



**Rysunek 47:** Schemat organizacji ruchu dla linii przelotowych  
(źródło: opracowanie własne)

## **5 Podsumowanie**

Celem tej pracy było omówienie i przestudiowanie węzłów przesiadkowych tramwaj – autobus – park and ride. Omówiono najważniejsze zagadnienia związane z projektowaniem i przygotowywaniem koncepcji węzłów przesiadkowych tramwajowo-autobusowych. Są to obiekty pełniące ważną rolę w sieci transportu publicznego miast – integrują różne formy transportu i ułatwiają podróż pasażerów pozwalając im na płynne przesiadki. Wyposażenie takiego węzła w parking samochodowy „park and ride” dodaje nową grupę potencjalnych użytkowników węzła – kierowców, którzy odpowiednio zachęceni odpowiednią infrastrukturą decydują się na pozostawienie samochodu i skorzystanie z komunikacji publicznej. Przy zagadnieniu projektowania węzłów skupiono się na wymaganiach dla dróg, parkingów, chodników oraz infrastruktury autobusowej i tramwajowej.

Przedstawiono także czynniki wpływające na atrakcyjność węzłów. Najważniejszymi spośród nich są lokalizacja węzła, dostępne linie komunikacji zbiorowej oraz odpowiednie rozplanowanie węzła aby był on wygodny dla użytkowników. Badania i analizy przeprowadzone w wielu krajach pokazują, że możliwość wygodnego poruszania się po terenie węzła jest głównym czynnikiem na jakim skupiają się jego użytkownicy. Zalecenia dla tego typu obiektów obejmują zagwarantowanie wygodnych (jak najkrótszych) przesiadek, minimalizowanie odległości do pokonania pieszo czy tworzenie komfortowych (najlepiej jednopoziomowych) ciągów pieszych. Przy projektowaniu węzłów należy także zwrócić uwagę na bezpieczeństwo i wygodę osób niepełnosprawnych i starszych, co można osiągnąć przez zastosowanie odpowiedniej infrastruktury oraz stosowanie pochylni, ramp i odpowiednio szerokich chodników oraz unikanie schodów i wysokich krawędzi.

W ramach pracy zaprojektowano węzeł przesiadkowy na terenie Wrocławia. Opierając się na planach urzędu miasta oraz biorąc pod uwagę planowane inwestycje w mieście wybrano kilka lokalizacji odpowiednich pod budowę takiego węzła i następnie wybrano jedną z nich. Są to okolice wsi Wysoka, wybrane ze względu na dwie ważne inwestycje, które prawdopodobnie będą tam przebiegać – przyszła linia tramwajowa przedłużona od pętli Park Południowy albo Krzyki oraz planowany odcinek Wschodniej Obwodnicy Wrocławia.

Linia tramwajowa do Wysokiej jest inicjatywą zaproponowaną przez urząd Kobierzyc i miałaby powstać wspólnymi siłami z miastem Wrocław. Dałaby możliwość skorzystania z komunikacji publicznej szybko rozwijającym się obszarom południa Wrocławia (Ołtaszyn, Partynice) i okolicznymi częściami aglomeracji wrocławskiej (Wysoka, Ślęza, Bielany). Z kolei Wschodnia Obwodnica Wrocławia jest inwestycją planowaną od dawna we Wrocławiu. Odcinek południowy przewidziany jest nawet w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego i miałby przebiegać pomiędzy zabudowaniami mieszkalnymi, które powstały później niż plan. Pomimo protestów mieszkańców i pojawiения się nowych wariantów omijających Wysoką, jest to wariant najbardziej promowany przez Dolnośląską Służbę Dróg i Kolei i dlatego oparto się na nim przy

tworzeniu koncepcji węzła. Podłączenie węzła do sieci drogowej miasta odbywa się za pomocą dróg dojazdowych połączonych z łącznikiem pomiędzy ulicą Radosną w Wysokiej a planowaną obwodnicą. W przypadku ewentualnego wyboru innego wariantu lub innych zmian konieczne będzie przeprojektowanie tego połączenia. Z uwagi na nieduży planowany ruch na tym łączniku zdecydowano się na połączenie za pomocą skrzyżowania zwykłego. O ile w zakresie pracy znajduje się projekt sygnalizacji świetlnej, o tyle sygnalizacja w tym miejscu byłaby nieuzasadniona i wiązałaby się z nadmiernymi stratami czasu.

Wybór wariantu obwodnicy wpływa także na trasę linii kolejowej. W wariantie przez Wysoką, dla komfortu i zdrowia mieszkańców, zaproponowano obniżenie niwelety drogi w taki sposób aby pomiędzy zabudowaniami była ona prowadzona w głębokim przekopie. Jest to bardzo wygodne z punktu widzenia projektu trasy tramwajowej – planowany wiadukt nad obwodnicą byłby prowadzony w poziomie terenu co oznaczałoby brak konieczności podnoszenia linii tramwajowej. W ramach pracy stworzono dwie koncepcje, które następnie porównano ze sobą w analizie wielokryterialnej. Kryteria i ich wagę przyjęto bazując na metodzie AMPTI oraz na podstawie literatury dotyczącej czynników zwiększających atrakcyjność węzłów przesiadkowych z „park and ride”.

Węzły przesiadkowe komunikacji publicznej to ważne elementy sieci transportowej miasta. Rozbudowany system strategicznie ulokowanych węzłów bardzo odciąża sieć drogową miasta, szczególnie w godzinach szczytu. Ich wykorzystywanie zmniejsza zatłoczenie ulic i poprawia jakość komunikacji zbiorowej. Z tych powodów zalecane jest stosowanie tego typu obiektów, szczególnie w przypadku dużych miast, które skupiają w sobie ruch z całego regionu i często mają problemy z dużą kongestią. W Polsce węzły wyposażone w parkingi „park and ride” stają się coraz popularniejsze, co widać na przykładzie m. in. Krakowa (kilka nowych węzłów w ostatnich latach) czy Wrocławia (planowane co najmniej podwojenie punktów „park and ride” w najbliższym czasie).

Bardzo ważną kwestią przy tworzeniu tego typu obiektów jest wybór odpowiedniej lokalizacji. Nieudane próby otarcia P&R w Krakowie w latach dziewięćdziesiątych pokazują, że nieodpowiednie umieszczenie na mapie skutkuje brakiem użytkowników. Zaleca się wykonanie odpowiednich analiz na podstawie badań ruchu, zagęszczenia ludności oraz ankiet przeprowadzanych wśród mieszkańców w celu wyboru odpowiednich miejsc. W niniejszej pracy dokonano jedynie analizy na podstawie dostępnych połączeń tramwajowych i autobusowych, określając możliwość połączenia drogowego i ustalając okoliczne dzielnice i osiedla.

Przydatność węzłów przesiadkowych wyposażonych w „park and ride” została już sprawdzona w wielu krajach. System ten jest również coraz popularniejszy w Polsce. Brakuje jednak opracowań w języku polskim określających wymagania i zalecenia przy projektowaniu i tworzeniu koncepcji takich węzłów, konieczne zatem jest korzystanie z literatury zagranicznej – szczególnie liczne są opracowania angielskie i amerykańskie. Można przypuszczać, że wraz ze zwiększającą się liczbą tego typu obiektów powstanie więcej prac na ten temat.

## **Spis rysunków**

1	Schemat rozmieszczenia węzłów z systemem „Park and Ride” w Oxfordzie . . . . .	7
2	Liczba węzłów przesiadkowych z systemem „Park and Ride” w Wlk. Brytanii . . . . .	8
3	Ogólny poziom zaadoptowania systemu „Park and Ride” w wybranych miastach europejskich (stan na rok 2011), gdzie 1 oznacza bardzo niski, a 5 bardzo wysoki . . . . .	9
4	Hierarchia użytkowników węzłów przesiadkowych . . . . .	15
5	Podstawowe układy końców linii tramwajowych: krańcówka (u góry) oraz pętla tramwajowa (u dołu) . . . . .	23
6	Podział pętli tramwajowych ze względu na położenia w trasie . . . . .	24
7	Podział pętli tramwajowych ze względu na kształt . . . . .	24
8	Podział pętli tramwajowych ze względu na kierunek ruchu . . . . .	24
9	Układ przystanków na pętli . . . . .	25
10	Schemat układu warstw konstrukcji . . . . .	30
11	Torowisko zabudowane z kotwieniem ciągłym . . . . .	34
12	Torowisko z „pływ węgierskich” . . . . .	35
13	Torowisko zabudowane trawą w Sosnowcu . . . . .	35
14	Schemat rozwiązań przystanków tramwajowych . . . . .	36
15	Schemat peronu tramwajowego . . . . .	37
16	Rzut zintegrowanego węzła przesiadkowego w Tczewie . . . . .	41
17	Lokalizacja węzła Łostowice-Świętakrzyska (Gdańsk) . . . . .	48
18	Natężenie ruchu autobusowego w okolicach węzła Łostowice-Świętakrzyska . . . . .	50
19	Schemat węzła Łostowice-Świętakrzyska . . . . .	51
20	Wyposażenie wiat przystankowych . . . . .	52
21	Parking rowerowy . . . . .	52

---

22	Widok na peron tramwajowy . . . . .	53
23	Schemat komunikacji miejskiej na placu Grunwaldzkim w roku 2006 . . . . .	54
24	Wizualizacja projektu przebudowy placu Grunwaldzkiego . . . . .	55
25	Schemat organizacji ruchu tramwajowego . . . . .	56
26	Widok na przystanek północny . . . . .	57
27	Pasażerowie wsiadający do tramwaju . . . . .	57
28	Stanowiska postojowe dla rowerów . . . . .	59
29	Wizualizacja pętli „Bieżanów” wykonana przez inwestora obiektu . . . . .	60
30	Schemat węzła „Bieżanów” . . . . .	61
31	Wizualizacja pętli „Kurdwanów” wykonana przez inwestora obiektu . . . . .	62
32	Schemat parkingu Park and Ride na węźle „Kurdwanów” . . . . .	62
33	Schemat pętli „Kurdwanów” . . . . .	63
34	Schemat węzła „Młociny” . . . . .	64
35	Wizualizacja węzła „Młociny” . . . . .	65
36	Schemat połączeń tramwajowych i autobusowych . . . . .	66
37	Istniejące parkingi „park and ride” we Wrocławiu . . . . .	68
38	Przyszłe parkingi „park and ride” we Wrocławiu . . . . .	69
39	Rozważane lokalizacja „park and ride” na podstawie analiz Biura Zrównoważonej Mobilności miasta Wrocław . . . . .	70
40	Rozważane lokalizacje „park and ride” we Wrocławiu . . . . .	71
41	Warianty trasy nowej linii tramwajowej w kierunku Ołtaszyna . . . . .	72
42	Przebieg planowanej Wschodniej Obwodnicy Wrocławia w okolicach Wysokiej	73
43	Prognoza ruchu dla skrzyżowania Wschodniej Obwodnicy Wrocławia oraz ulicy Buforowej wykonana przez Biuro Rozwoju Wrocławia . . . . .	78
44	Schemat koncepcji nr 1 . . . . .	79
45	Schemat koncepcji nr 2 . . . . .	80
46	Schemat organizacji ruchu dla linii kończących bieg . . . . .	93
47	Schemat organizacji ruchu dla linii przelotowych . . . . .	93

---

## **Spis tabel**

1	Opis wskaźników w metodyce AMPTI . . . . .	17
2	Szerokości jezdni manewrowej . . . . .	27
3	Dodatkowe parametry jezdni manewrowych . . . . .	27
4	Minimalne wartości promieni łuków kołowych . . . . .	28
5	Długości prostych przejściowych . . . . .	28
6	Kategorie ruchu dla parkingów . . . . .	29
7	Wymiary i zakres stosowania rond . . . . .	30
8	Wymiary stanowisk postojowych dla samochodów osobowych . . . . .	32
9	Wymiary stanowisk postojowych dla autobusów i pojazdów ciężarowych . . . . .	32
10	Wartości przechyłek na torach tramwajowych o szerokości 1435 mm . . . . .	39
11	Poziomy swobody ruchu pieszych . . . . .	43
12	Maksymalne nachylenie pochylni . . . . .	47
13	Warunki ruchu pieszego na przejściach w obrębie węzła przesiadkowego . . . . .	58
14	Wartości wskaźników węzłów przesiadkowych w Warszawie . . . . .	67
15	Charakterystyka poszczególnych wariantów . . . . .	74
16	Układ docelowy Wschodniej Obwodnicy Wrocławia . . . . .	75
17	Natężenie ruchu w okresach 15-minutowych na ulicy Radosnej . . . . .	77
18	Macierz odległości między peronami dla koncepcji nr 1 . . . . .	82
19	Macierz odległości między peronami dla koncepcji nr 2 . . . . .	82
20	Odległości parkingów P+R, K+R, B+R od peronów dla koncepcji nr 1 . . . . .	82
21	Odległość parkingów P+R, K+R, B+R od peronów dla koncepcji nr 2 . . . . .	83
22	Ocena wskaźnikowa obu koncepcji . . . . .	84
23	Obliczenia krzywych przejściowych . . . . .	85
24	Typowe rozwiązania dolnych warstw konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu KR3 i KR4 . . . . .	86
25	Typowe rozwiązania górnych warstw konstrukcji nawierzchni – typ B . . . . .	87

## Literatura

- [1] Bielecki P., *Kształtowanie przyjaznych dla pieszych węzłów przesiadkowych w mieście*, Warszawska Inicjatywa Piesza, Zielone Mazowsze, listopad 2011.
- [2] Bocheńska-Niemiec A., Cebrat K., Kusowska K., Romanik A., Tyrka Ł., Walter E., Wiszniewski J., *Wrocławskie standardy kształtowania przestrzeni miejskich przyjaznych pieszym*, Gmina Wrocław, maj 2017.
- [3] Chmielewski J.M., *Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.
- [4] Czauderna T., *Konstrukcje torów tramwajowych*, czasopismo „TTS Technika Transportu Szynowego” nr 9/2004.
- [5] Czubiński R., *Jak zaprojektować dobry węzeł przesiadkowy*, „Transport Publiczny”, 16 października 2010.
- [6] Dijk M., Montalvo C., *Policy frames of Park-and-Ride in Europe*, „Journal of Transport Geography”, nr 19/2011.
- [7] Dobaczewski J., Kraska A., Zomkowski S., *ŁOŚ, czyli nowy Węzeł Integracyjny komunikacji miejskiej: Łostowice – Świętokrzyska*, Gazeta Metropolitalnego Związku Komunikacyjnego Zatoki Gdańskiej „Przystanek Metropolitarny” nr 8, lipiec 2013, [http://www.zkmgdynia.pl/admin/\\_\\_pliki\\_\\_/290x400\\_x8\\_mzkzg\\_PrzystanekNr8%20internet.pdf](http://www.zkmgdynia.pl/admin/__pliki__/290x400_x8_mzkzg_PrzystanekNr8%20internet.pdf)
- [8] Gisterek I., wykład wykład w formie elektronicznej, Zakład Infrastruktury Transportu Szynowego, Politechnika Wrocławska, [http://www.zm.org.pl/download/prezentacje/0909-gisterek\\_pwroc.pdf](http://www.zm.org.pl/download/prezentacje/0909-gisterek_pwroc.pdf)
- [9] Jackowski M., *Węzeł komunikacyjny Młociny okiem pasażera*, II Warsztaty Forum LINK w Bydgoszczy, 21 września 2009.
- [10] Józefowicz P., *Katalog Standardów Nawierzchni Chodników dla Wrocławia*, Wrocław 2013.
- [11] Kaszubowski D., *Badanie jakości usług transportu zbiorowego na nowej trasie tramwajowej w dzielnicy Gdańsk Południe*, „Technika Transportu Szynowego” nr 10/2013.
- [12] Kazimierczyk M., *Koncepcja współczesnego węzła przesiadkowego – praktyczny przykład rozwiązania*, Biuletyn Komunikacji Miejskiej IGKM, nr 136, maj 2015.
- [13] Korycki T., Molecki B., Puchalski P., Wicher M., *Historia i przebudowa węzła autobusowego przy placu Grunwaldzkim we Wrocławiu*, „Przewoźnicy i systemy transportowe”, nr 11/2008.
- [14] Lindström Olsson A., *Factors that influence choice of travel mode in major urban areas. The attractiveness of Park & Ride*, Division of Transportation and Logistics, KTH Royal Institute of Technology 2003.

- [15] Łada M., Birr K. *Analiza zmian funkcjonowania transportu zbiorowego wynikających z budowy węzłów integracyjnych*, III Krakowska Ogólnopolska Konferencja Naukowa Transportu „KOKONAT” Kraków, 21-22 kwietnia 2016.
- [16] Makarova I., Shubenkova K., Gabsalikhova L., *Analysis of the city transport system's development strategy design principles with account of risks and specific features of spaial development*, czasopismo „Transport Problems”, Kazan Federal University, 12/2017.
- [17] Makuch J., wykład w formie elektronicznej, kurs Koleje Miejskie, Politechnika Wrocławskiego, [http://www.zits.pwr.wroc.pl/makuch/kmm\\_W1.pdf](http://www.zits.pwr.wroc.pl/makuch/kmm_W1.pdf)
- [18] Makuch J., *Projektowanie przystanków tramwajowych dla bezpieczeństwa i wygody pasażerów*, X Konferencja Naukowo-Techniczna „Drogi Kolejowe '99” Spała, 13-15 października 1999.
- [19] Mikoś-Rytel W., Biedrońska J., Figaszewski J., Kozak K., Lisik A., *Projektowanie obiektów motoryzacyjnych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.
- [20] Molecki B., *Analiza ruchu pieszego w obrębie węzłów przesiadkowych na przykładzie placu Grunwaldzkiego we Wrocławiu*, Konferencja naukowo-techniczna „Zintegrowany system transportu miejskiego”, Wrocław, 27-28 maja 2010.
- [21] Mordak R., WYG International Sp. z o.o., *Studium wykonalności dla zadań inwestycyjnych i modernizacyjnych przewidzianych do realizacji w latach 2008-2011*, Gdańsk Projekt Komunikacji Miejskiej etap IIIa, Warszawa, listopad 2008.
- [22] Oleksiewicz W., Żurawski S., *Drogi szynowe, podstawy projektowania linii i węzłów tramwajowych*, Zakład Inżynierii Komunikacyjnej Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004.
- [23] Olszewski P., Krukowska H., Krukowski P., *Jak oceniać projektowane lub funkcjonujące węzły przesiadkowe?*, „Biuletyn Komunikacji Miejskiej” nr 143, 2017.
- [24] Olszewski P., Krukowska H., Krukowski P., *Metodyka oceny wskaźnikowej węzłów przesiadkowych transportu publicznego*, „Transport miejski i regionalny”, czerwiec 2014.
- [25] Pudło J., *Węzeł Metro Młociny – lokalizacja i znaczenie*, InfoBus, 14 lipca 2013, [http://www.infobus.pl/wezel-metro-mlociny-lokalizacja-i-znaczenie\\_more\\_44933.html](http://www.infobus.pl/wezel-metro-mlociny-lokalizacja-i-znaczenie_more_44933.html)
- [26] Rybczyńska M. *System strategicznych parkingów "Park and Ride"*, <http://www.transport.um.warszawa.pl/transport-publiczny/system-strategicznych-parking-w-parkuj-i-jed>
- [27] Rychlewski J., Firlik B., Straszewski W., *Wytyczne projektowania torów tramwajowych a obecnie używany tabor tramwajowy*, Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej nr 25, 2017.
- [28] Spillar R.J., *Park-and-ride planning and design guidelines*, Parsons Brinckerhoff Inc. 1997.
- [29] Stacey R., *The effectiveness and sustainability of Park and Ride*, 12 czerwca 2009
- [30] Stańko K., *Przegląd i charakterystyka systemów parkingowych*, czasopismo „Mechanika”, 2012.

- [31] Szarata A., *Analiza wielkości parkingów Park and Ride zlokalizowanych w obszarach metropolitalnych*, czasopismo „Budownictwo i architektura”, kwiecień 2014.
- [32] Szarata A. *Ocena efektywności funkcjonalnej parkingów przesiadkowych (P+R)*, praca doktorska, Politechnika Krakowska, październik 2005.
- [33] Szymalski W., *Prawo Lewisa-Mogridge'a w Warszawie - wprowadzenie*, styczeń 2012, [http://www.zm.org.pl/?a=lewis-mogridge-14-00\\_wprowadzenie](http://www.zm.org.pl/?a=lewis-mogridge-14-00_wprowadzenie)
- [34] Szymalski W., *Standardy szwajcarskie dla węzłów przesiadkowych*, czasopismo „Transport”, 14 marca 2018.
- [35] Terzis G., *GUIDE: group for urban interchanges development and evaluation*, marzec 2018.
- [36] Urbanowicz W., *Warszawa: Jak poprawić węzeł? ZTM „ulepszy” Młociny*, 14 marca 2016, Transport Publiczny, <http://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/jak-poprawic-wezel-ztm-ulepszy-mlociny-51577.html>
- [37] Young A., *Manual for Streets. London.*, Thomas Telford Publishing, 2007.
- [38] Załuski D., *Zintegrowane węzły przesiadkowe przy małych dworcach kolejowych*, „TTS Technika Transportu Szynowego” str. 62–68, nr 21, 2014.

#### RAPORTY:

- [39] Florida Department of Transportation, *State Park-and-Ride guide*, czerwiec 2012
- [40] Goteborgs Stad, *Fysisk planering för kollektivtrafik (Fizyczne planowanie transportu zbiorowego)*, raport nr 1/2004.
- [41] Katalońska Grupa ds. Efektywności Energii. Kataloński Instytut Energii, *White Book of the Sustainable Mobility in the early XXI century*.
- [42] RACC foundation, MoviNews: *Park & Ride; State of the Art in Europe*. „EuroTest” nr 9 – marzec/kwiecień 2009.
- [43] Stowarzyszenie „Akcja miasto”, *Raport o ruchu pieszych we Wrocławiu*, 2015.
- [44] Washington Metropolitan Area Transit Authority, *Guidelines for station site and access planning*, Sierpień 2005.
- [45] Zespół Blue Ocean Business consulting ds. transportu publicznego, *Koncepcja budowy funkcjonalnych węzłów przesiadkowych PKM w kierunku zwiększenia ich dostępności oraz oferowania usług komplementarnych do komunikacji publicznej*, Lipiec 2015.

**NORMY I ROZPORZĄDZENIA:**

- [46] Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, *Wytyczne projektowania ulic*, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa, 1992.
- [47] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni po-datnych i półsztywnych*, opracowanie Katedry Inżynierii Drogowej Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2014.
- [48] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, *Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztyw-nych*, opracowanie Katedry Dróg i Lotnisk Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014.
- [49] Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym: Dz.U. 2011 nr 5 poz. 13.
- [50] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. z 1999r. nr 43, poz. 430).
- [51] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2015r. poz. 1422)

**STRONY INTERNETOWE:**

- [52] Gazeta Wyborcza Kraków, *Weźże zaparkuj i jedź tramwajem. Park& Ride już w Bieżanowie*, <http://krakow.wyborcza.pl/krakow/7,44425,22901021,wezze-zaparkuj-i-jedz-tramwajem-park-ride-juz-w-biezanie.html>
- [53] Gołębiewska M., *Trasa tramwajowa na Ołtaszyn będzie dłuższa? Jest szansa, że tramwaj obsłuży też Wysoką*, Serwis TuWrocław, <https://www.tuwroclaw.com/wiadomosci,trasa-tramwajowa-na-ołtaszyn-bedzie-dluzsza-jest-szansa-ze-tramwaj-obsluzy-tez-wysoka,wia5-3273-38956.html>
- [54] Magiczny Kraków, *Parking P+R w Nowym Bieżanowie otwarty*, 15 stycznia 2018, [http://krakow.pl/aktualnosci/216797,1912,komunikat,parking\\_p+r\\_w\\_nowym\\_biezanowie\\_otwarty.html](http://krakow.pl/aktualnosci/216797,1912,komunikat,parking_p+r_w_nowym_biezanowie_otwarty.html)
- [55] Miejska Infrastruktura Kraków, *P& R Bieżanów*, <http://mi.krakow.pl/parkingu/inwestycja-biezanow>
- [56] Oficjalny serwis Metra Warszawskiego, *Budowa tunelu B23 i stacji A23 Młociny wraz z węzłem komunikacyjnym*, <http://www.metro.waw.pl/budowa-tunelu-b23-i-stacji-a23-mlociny-wraz-z-wezlem-komunikacyjnym>
- [57] Oxford Mail, *How Oxford led the way to create Park and Rides*, 6 grudnia 2013, [http://www.oxfordmail.co.uk/news/10859209.How\\_Oxford\\_led\\_the\\_way\\_to\\_create\\_Park\\_and\\_Rides/](http://www.oxfordmail.co.uk/news/10859209.How_Oxford_led_the_way_to_create_Park_and_Rides/)
- [58] Oxfordshire county council: <https://www.oxfordshire.gov.uk/cms/public-site/park-and-ride>
- [59] Portal Miasta Gdańsk, inwestycje miejskie, <http://www.gdansk.pl/inwestycje-miejskie/Gdanski-Projekt-Komunikacji-Miejskiej-etap-III-A,a,17762>

- [60] TomTom Traffic Index 2017. [https://www.tomtom.com/en\\_gb/trafficindex/](https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/)
- [61] Wiadomości nasze-miasto.pl Kraków, *Parking Park& Ride w Bieżanowie*, 2 lipca 2017, <http://krakow.naszemesto.pl/artykul/parking-park-ride-w-biezanowie-wizualizacje,3440403,art,t,id,tm.html>

## Spis załączników

1. Schemat koncepcji nr 1 (skala 1:500)
2. Schemat koncepcji nr 2 (skala 1:500)
3. Plan sytuacyjny z organizacją ruchu (skala 1:500)
4. Przekrój przez część peronową (skala 1:25)