

Andrzej SZARATA\*  
Politechnika Krakowska

## WPLYW PARKINGÓW PARK AND RIDE NA CZAS PRZEJAZDU ODCINKA W SIECI ULICZNEJ – PORÓWNANIE METODY ANALITYCZNEJ I SYMULACYJNEJ

**Streszczenie.** Artykuł przedstawia wpływ funkcjonowania parkingów przesiadkowych Park and Ride na czas przejazdu badanego odcinka. Analiza polega na porównaniu czasu przejazdu odcinka, w przypadkach gdy parking P&R funkcjonuje i nie funkcjonuje. W obliczeniach posłużono się metodą analityczną wykorzystującą procedurę Highway Capacity Manual (HCM) 2000 i metodą symulacyjną bazującą na programie do mikrosymulacji VISSIM. Artykuł prezentuje porównanie wyników obu metod obliczeniowych.

## INFLUENCE OF PARK AND RIDE SYSTEM ON TRAVEL TIME – COMPARISON OF ANALYTICAL AND SIMULATION METHODS

**Summary.** The paper presents influence of P&R system on travel time of tested corridor. The analysis takes into consideration comparison of two cases: with functioning P&R lot and without P&R. Analytical and simulation methods were used in calculations. Analytical approach was based on HCM 2000 method, and simulation approach was based on VISSIM software. The paper presents comparison of results for both mentioned methods.

### 1. Wstęp

Istota działania systemu Park and Ride polega na dojeździe samochodem osobowym do stacji, pętli lub innych przystanków zlokalizowanych na peryferiach miasta lub w jego strefie podmiejskiej, pozostawieniu samochodu na parkingu i odbyciu dalszej podróży do śródmieścia środkami komunikacji zbiorowej. Celem takiego rozwiązania jest przejęcie przez komunikację zbiorową części ruchu samochodowego zmierzającego z obszarów

\* Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Andrzej Rudnicki

zewnątrznych do śródmieścia. „Park and Ride” łączy zalety komunikacji indywidualnej w strefach podmiejskich (dyspozycyjność i elastyczność) z zaletami komunikacji zbiorowej w śródmieściu (wysoka efektywność wykorzystania deficytowej przestrzeni ruchu). Jednym z narzędzi pozwalającym określić efektywność funkcjonalną tego typu rozwiązań jest wyznaczenie oszczędności czasu podróży, wynikających ze zmniejszenia natężenia ruchu o pojazdy parkujące na parkingach P&R. Rozważano relacje ruchowe w korytarzu, prowadzące do centrum (zarówno w kierunku nadrzędnym, jak i z kierunków podporządkowanych). Niniejszy artykuł prezentuje porównanie dwóch metod: analitycznej, opierającej się na instrukcji HCM 2000, oraz symulacyjnej wykorzystującej program VISSIM firmy PTV.

## 2. Założenia modelu

Do przeprowadzonych analiz zdecydowano się na wybór czasu podróży (będącego jednym z ważniejszych kryteriów, którymi kierowaliby się potencjalni użytkownicy przy wyborze sposobu podróżowania w systemie P&R [1]) jako kryterium pozwalającego w rezultacie wyrazić efektywność rozwiązania. Do analizy porównawczej (na podstawie opracowania [2]) wybrano parking usytuowany przy wylocie drogi nr 7 w kierunku Warszawy, biorąc pod uwagę reprezentatywność lokalizacji pod względem powiązań z układem drogowym i układem komunikacji zbiorowej (linia tramwajowa). Rysunek (1) przedstawia lokalizację analizowanego odcinka wraz z numeracją skrzyżowań.



Rys. 1. Lokalizacja analizowanego odcinka dla założonego parkingu P&R

Fig. 1. Location of analysed corridor for P&R lot

Dla przyjętego parkingu określono korytarz drogowy, na który funkcjonowanie parkingu może mieć największy wpływ. Uwzględniając dostępną powierzchnię działki i rozwiązanie jednopoziomowe parkingu, przyjęto obliczeniową chłonność na 400 pojazdów. Zakładając, że w ciągu godziny możliwe jest zapełnienie 50% chłonności, daje to liczbę 200 pojazdów korzystających z systemu w godzinie szczytu. Przekłada się to na zmniejszenie potoku ruchu w przekroju krytycznym o wskazaną wartość. Przyjęto założenie o niezmienności sumarycznego popytu na podróże, co oznacza, że zmniejszenie potoku ruchu pojazdów i związane z tym faktem zwiększenie poziomu swobody ruchu nie będzie wywoływać ruchu wzbudzonego. W analizowanych korytarzach zidentyfikowano liczbę i rodzaj skrzyżowań (zgodnie ze stanem rzeczywistym) oraz rodzaj sygnalizacji świetlnej (na podstawie informacji uzyskanych w Zarządzie Dróg i Komunikacji (ZDiK) w Krakowie. Do obliczeń wykorzystano programy poszczególnych sterowników sygnalizacji (udostępnione przez ZDiK). Bazowano na pomiarach natężeń ruchu wykonanych przez ZDiK w Krakowie w latach 2002 i 2003 w godzinie szczytu porannego w przeciętnym dniu roboczym na wybranych przekrojach. Wyznaczono natężenia ruchu na okres prognostyczny do roku 2025 (średnioroczny wskaźnik wzrostu - 1,02). Założono również, że istniejąca infrastruktura drogowa w całym mieście nie będzie rozbudowywana.

### 3. Metoda analityczna – HCM 2000

Obliczenia strat czasu zostały przeprowadzone na podstawie procedury przedstawionej w instrukcji Highway Capacity Manual 2000 [3]. Po ustaleniu właściwych grup pasów dla poszczególnych wlotów należy wyznaczyć natężenie nasycenia i przepustowość relacji. Najistotniejszym elementem czasu przejazdu odcinka są straty czasu na skrzyżowaniach. Można wyróżnić trzy rodzaje strat czasu:  $d_1$  – regularna strata czasu – uwzględniająca stabilny dopływ potoków ruchu do skrzyżowania;  $d_2$  – losowa strata czasu, uwzględniająca czynnik losowy w dopływie potoków ruchu;  $d_3$  – strata czasu związana z występowaniem kolejki na początku analizowanego okresu (tej straty czasu nie uwzględniono w obliczeniach, ponieważ długość analizowanego okresu wynosiła 1 godzinę i nie można było ustalić długości kolejki początkowej).

Regularna strata czasu  $d_1$  może być wyznaczona na podstawie wzoru (1), zawartego w [3]:

$$d_1 = \frac{0,5 * C * (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - \left[ \min(1, X) * \frac{g}{C} \right]} \quad (1)$$

gdzie:  $g$  – efektywna długość sygnału zielonego,  $C$  – długość cyklu,  $\frac{g}{C}$  – udział efektywnego sygnału zielonego w cyklu  $C$ ,  $X$  – stopień obciążenia wlotu.

Losową stratę czasu  $d_2$  oblicza się na podstawie wzoru (2), zawartego w [3]:

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X}{c * T}} \right] \quad (2)$$

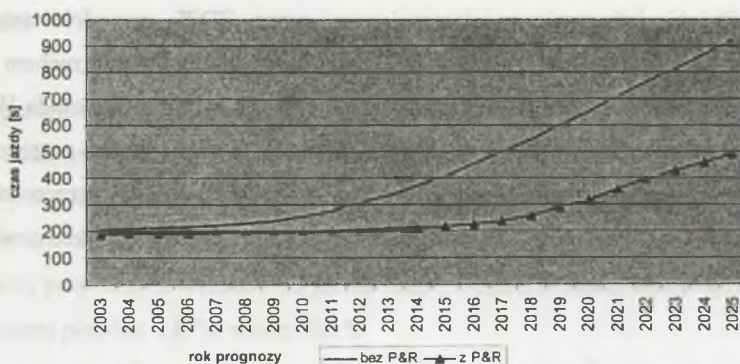
gdzie:  $c$  – przepustowość relacji,  $T$  – długość analizowanego okresu,  $k$  – współczynnik uwzględniający rodzaj sygnalizacji świetlnej,  $I$  – współczynnik uwzględniający losowość przyjazdu grupy pojazdów z kierunku przeciwnego w zależności od stopnia obciążenia następnego skrzyżowania.

Zatem, w rozpatrywanym przypadku całkowita strata czasu będzie sumą regularnej i losowej straty czasu (3):

$$d = d_1 * (PF) + d_2 \quad (3)$$

gdzie:  $d$  – całkowita strata czasu,  $PF$  – współczynnik uwzględniający wpływ koordynacji skrzyżowań na regularne straty czasu.

W ciągu drogowym parkingu P&R analizowano sytuację ruchową na pięciu skrzyżowaniach. Uwzględniając odcinki między skrzyżowaniami, uzyskano ciąg drogowo-uliczny długości 1320 m, charakteryzujący się przekrojem jednojezdniowym, czteropasowym. Dla przyjętego odcinka określono czas przejazdu dla przypadku funkcjonowania parkingu P&R, oraz dla przypadku braku parkingu. Zestawione czasy jazdy przedstawia rys.2.



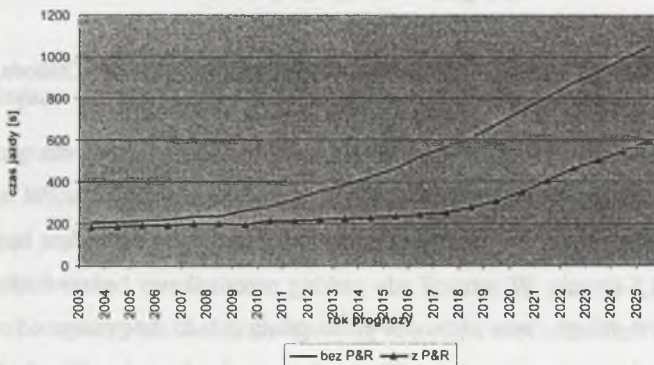
Rys.2. Porównanie czasów przejazdu, z i bez funkcjonującego parkingu P&R – metoda analityczna  
 Fig. 2. Comparison of travel time on street corridor, with and without P&R lot – analytical method

Można zauważyć, że do roku 2009 wydłużenie czasu podróży dla przypadku braku P&R jest nieznaczne – po tym okresie staje się coraz bardziej wyraźne. W roku 2015 czas przejazdu byłby dwukrotnie dłuższy. Całkowity czas podróży na końcu badanego okresu wzrósł prawie 4,5-krotnie. W sytuacji gdy parking przesiadkowy będzie funkcjonował, czas przejazdu ulega skróceniu, lecz z powodu przeciążenia układu drogowego od roku 2017 daje się zauważyć szybki przyrost wartości. Skrócenie czasu jazdy związane z funkcjonowaniem parkingu jest znaczne – z 920 s (bez P&R) do 493 s (z P&R). Znaczny przyrost czasu przejazdu po roku 2017 wynika z wyczerpania przepustowości skrzyżowań na ciągu.

#### 4. Metoda symulacyjna – program VISSIM

Program VISSIM umożliwia przeprowadzenie symulacji obciążenia układu drogowego ruchem ulicznym, uwzględniając z wysokim stopniem dokładności stan infrastruktury drogowej, a w szczególności: rozwiązania geometryczne - liczbę i szerokość pasów ruchu, ukształtowanie sytuacyjno - wysokościowe korytarza drogowego, rodzaj sygnalizacji świetlnej, liczbę przejść dla pieszych, rodzaj skrzyżowań. Założono niezmiennosc organizacji ruchu na wlotach i niezmiennosc parametrów sygnalizacji świetlnej. W symulacji wykorzystano program VISSIM 3.70 w wersji umożliwiającej analizę obszaru 1,5 x 1,5 km. Do przygotowania modelu korytarza wykorzystano podkład mapowy w skali 1:1000, który po wprowadzeniu do programu VISSIM pozwolił na dokładne odwzorowanie geometrii

korytarza. Dzięki informacjom udostępnionym przez ZDiK zamodelowano również odpowiedni układ sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniach i obciążenia ruchem ulicznym. Ten sam zestaw danych wejściowych był wykorzystany w obliczeniach metodą HCM 2000. Po przygotowaniu modelu korytarza ulicznego obciążono go pomierzonym natężeniem ruchu i wyznaczono czas przejazdu całego odcinka (rys. 3). Symulacja została przeprowadzona dla poszczególnych lat prognozy, wyznaczonej zgodnie z zasadami przedstawionymi w założeniach do opracowania.



Rys. 3. Porównanie czasów przejazdu z i bez funkcjonującego parkingu P&R – metoda symulacyjna  
Fig. 3. Comparison of travel time on street corridor with and without P&R lot – simulation method

Tendencja przyrostu czasu podróży ma podobny charakter jak w przypadku wyników obliczeń metodą analityczną. Wykres można podzielić na dwie części – w pierwszej (do roku 2009) czas podróży bez i z P&R jest zbliżony. Efekt wprowadzenia systemu jest niezauważalny. W drugiej części wykresu (po roku 2009) widać, jak duży wpływ na czas przejazdu zaczyna mieć fakt wprowadzenia systemu. W pierwszym okresie różnice pomiędzy metodą symulacyjną i analityczną nie przekraczają 5%. W drugiej części analizowanego okresu różnice się wzmagają i w ostatnim roku prognozy osiągają 14%. Dłuższe czasy podróży uzyskane w programie VISSIM niż wg HCM 2000 mogą wynikać z wysokiego stopnia uszczegółowienia modelu oraz szerszego uwzględnienia przez model zmian warunków ruchowych na odcinkach między skrzyżowaniami związanych ze wzrostem natężenia ruchu.

## 5. Wnioski

Dzięki przeprowadzonym obliczeniom można zauważyć, że nawet niewielkie zmniejszenie natężenia ruchu ma znaczny wpływ na czas przejazdu, szczególnie w sytuacji przesylenia układu. W przypadku analiz dla krótkiego okresu prognostycznego oszczędności czasu nie są znaczące – np. skrócenie czasu przejazdu o 10% w roku 2006. Natomiast w dalszej perspektywie, przy dużym wzroście natężenia ruchu, oszczędności czasowe są już wyraźne: skrócenie czasu podróży o 87% w roku 2025.

Zarówno w metodzie symulacyjnej, jak i analitycznej oszczędności czasowe są bardzo zbliżone, co może świadczyć o zgodności przeprowadzonych obliczeń. Każda z metod miała swoje wady i zalety. Duża liczba danych wejściowych i szerokie możliwości ingerencji w poszczególne zmienne w programie VISSIM dają możliwości dokładnej i szczegółowej analizy szukanych parametrów korytarza. Zauważono również wysoką czułość programu na liczbę pieszych poruszających się po układzie. Metoda HCM nie wykazuje tak dużego wpływu natężenia ruchu pieszego na czas przejazdu. Największym mankamentem metody analitycznej jest brak możliwości określenia czasu przejazdu odcinka międzywęzłowego z uwzględnieniem natężenia ruchu. Proponowane rozwiązanie jest rozwiązaniem bardzo upraszczającym problem.

Porównanie czasów podróży do centrum dla przypadku z i bez funkcjonującego parkingów przesiadkowego, uwzględniając przyjęte założenia (zwłaszcza założenie o niezmienności sumarycznego popytu na podróże), może wydawać się zbyt wyidealizowane. W rzeczywistej sytuacji zmniejszenie natężenia ruchu będzie generatorem dodatkowych podróży. Aby zapobiec temu procesowi, należy wykorzystać fakt poprawy warunków ruchu dla podniesienia jakości i konkurencyjności komunikacji zbiorowej. Należy pamiętać, że układ parkingów przesiadkowych tworzy cały system, w którym korzyści powinny być widoczne również w przypadku indywidualnego użytkownika P&R. Pełna analiza musi zatem uwzględniać czas przejazdu środkami komunikacji zbiorowej oraz większą liczbę połączeń w sieci, co będzie uzyskane przez przeprowadzenie w kolejnym etapie badań makrosymulacji komputerowej przy wykorzystaniu programu VISUM.

## LITERATURA

1. Szarata A.: Gotowość użytkowników do korzystania z systemu Park and Ride. Zeszyty Naukowo Techniczne SITK Nr 56, Kraków 2003, s.207-215.
2. Rudnicki A., Szarata A.: Projekt systemu Park and Ride dla Krakowa. Politechnika Krakowska, Kraków 2003.
3. Highway Capacity Manual, Transportation Research Board. National Research Council Washington, D.C. 2000.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ryszard Krystek  
Dr inż. Joanna Żukowska