



## **Wskaźniki oceny mobilności miejskiej w aspekcie ochrony środowiska**

*Norbert Chamier-Gliszczyński, Tadeusz Bohdal*  
*Politechnika Koszalińska*

### **1. Wstęp**

Aktywność użytkowników obszarów miejskich generuje potrzeby transportowe, który odzwierciedleniem jest wzmożony potok ruchu na elementach miejskiej sieci transportowej. Odpowiada on za 40% emisji CO<sub>2</sub> i 70% emisji innych zanieczyszczeń pochodzących z transportu drogowego, aby odwrócić tendencję w przyszłości i przyczynić się do osiągnięcia 60% redukcji emisji gazów cieplarnianych (COM 913 2013) należy ograniczyć wpływ transportu miejskiego na środowisko.

Efekt cieplarniany na Ziemi (Bohdal i in. 2011, 2015) związany jest między innymi z emisją szkodliwych substancji przez środki transportu wykorzystywane w podróżach miejskich. Przeważająca większość europejskich miast stoi w obliczu ogromu wyzwań dotyczących ograniczenia emisji szkodliwych substancji. Istotnego znaczenia nabierają więc działania poszukujące rozwiązań dla problemu ochrony środowiska.

Uwzględniając powyższe problemy podejmowane są liczne działania w obszarze logistyki (Dyczkowska 2012, 2013), (Jacyna-Gołda i in. 2014), (Jacyna 2013, 2013a), (Karkula & Bukowski 2012), (Szczepański & Jacyna 2013) i w zakresie ograniczenia szkodliwych odpadów na etapie całego cyklu życia środków transportu (Chamier-Gliszczyński 2010, 2011a, 2011b, 2011c). Oddzielną grupę stanowią działania w obrębie zrównoważonego transportu (Kasperska 2015), (Chamier-Gliszczyński 2011) i przewozu osób (Kiba-Janiak & Cheba 2014), (Żochowska & Karoń 2015), (Karoń & Żochowska 2015). Właściwa organizacja przewozów miejskich ma istotne znaczenie dla ograniczenia efektu cieplarnia-

nego (Bohdal & Walczak 2013). Dalsze działania to wdrażanie na obszarach miejskich Inteligentnego Systemu Transportowego (Karoń & Mikułski 2014) oraz systemu Park and Ride (Szarata 2005, 2014). Istotnym elementem jest również monitorowanie emisji zanieczyszczeń przez środki transportu miejskiego (Merkisz i in. 2013) i wdrażanie bezemisyjnych pojazdów (Janecki & Karoń 2014).

Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na problematykę oceny mobilności miejskiej w aspekcie ochrony środowiska. Mobilność, to w powszechnie przyjętej interpretacji, skłonność do zmiany miejsca zamieszkania lub miejsca pracy. Taka interpretacja mobilności jest bardzo zawężona i odnosi się tylko do zmiany miejsca zamieszkania i pracy. W ujęciu europejskiej polityki transportowej odnoszącej się do mobilności i wdrażanych strategii i planów transportowych, analizowana mobilność miejska interpretowana jest w szerszym aspekcie. Rozszerzona mobilność miejska obejmuje działania w zakresie podaży transportu i popytu na podróże miejskie. Nakierowana jest na optymalizację wykorzystywania środków transportu w podróżach miejskich i tworzenie współmodalności pomiędzy transportem zbiorowym i indywidualnym w tych podróżach. Poszczególne obszary mobilności miejskiej zostały opisane w pracach (Chamier-Gliszczyński 2012, 2013).

## **2. Założenia do oceny mobilności miejskiej**

Zakładamy, że do oceny mobilności miejskiej ustala się pewne funkcje cząstkowe interpretowane jako wskaźniki oceny. Ustalone wskaźniki oceny wyrażają stopień przystosowania mobilności miejskiej do wypełniania zadań. Podstawą określania wskaźników oceny jest zadany zbiór celów i zadań jakie ma realizować analizowana mobilność miejska. W literaturze, dokumentach strategicznych oraz charakterystycznych programach (np. CIVITAS Renaissance) w ocenie efektywności zagadnień transportowych wykorzystuje się wskaźniki. Wskaźniki te charakteryzują różne etapy i poziomy analizy poczynając od planowania poprzez zachowania aż do określenia wewnętrznego i zewnętrznego oddziaływania. Tak jak zauważono w Białej Księdze Transportu z 2010 roku to właśnie wskaźniki są pomocne przy formułowaniu wartości bazowych, prognozowaniu problemów transportowych, ustalaniu i weryfikacji poszczególnych celów do realizacji, a także na etapie ewaluacji zrealizowanych

zadań. Identyfikowane wskaźniki bazują na danych ilościowych i jakościowych. Na przykład w pracy (Litman 2013) autor jako wskaźniki oparte na danych ilościowych definiuje m.in.:

- wskaźnik liczby podróży realizowanych środkami transportu,
  - wskaźnik liczby kolizji i wypadków drogowych,
  - wskaźnik kosztów związanych z realizacją potrzeb transportowych,
- a jako wskaźniki oparte na danych jakościowych:
- wskaźnik preferencji podróży,
  - wskaźnik komfortu podróży,
  - wskaźnik walory estetyczne.

Światowa Rada Biznesu ds. Zrównoważonej Mobilności opracowała przykładowe wskaźniki oceny zrównoważonej mobilności ujmujące trzy grupy problemowe. W pierwszej odnoszącej się do problemów użytkowników zdefiniowano łącznie sześć wskaźników (Eads 2003): wskaźnik swobody dostępu do środków wspomagających mobilność, wskaźnik poniesionych kosztów, wskaźnik średniego czasu podróży z punktu początkowego do punktu końcowego podróży, wskaźnik niezawodności, wskaźnik bezpieczeństwa i ochrony. Druga grupa ujmująca problemy społeczne to piętnaście charakterystycznych wskaźników, wśród których znalazły się między innymi (Eads 2003): wskaźnik emisji gazów cieplarnianych, wskaźnik emisji pozostałych zanieczyszczeń, wskaźnik wpływu na zdrowie ludności, wskaźnik bezpieczeństwa podróżowania, wskaźnik ochrony, wskaźnik wykorzystania terenu, wskaźnik hałasu itd. Ostatnia podgrupa ujmująca problemy sektora biznesu to jedenaście wskaźników, do których zaliczono m.in. (Eads 2003): wskaźnik zyskowności, wskaźnik wielkości rynku, wskaźnik inwestycji w infrastrukturę publiczną, wskaźnik inwestycji prywatnych itd.

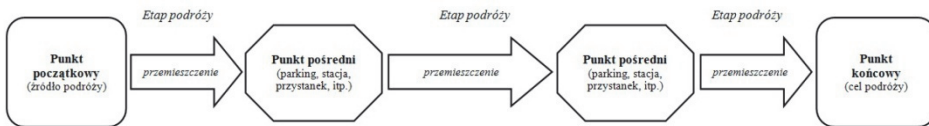
W ramach kilku programów europejskich dotyczących pomiaru zrównoważenia transportu również podjęto prace nad opracowaniem wskaźników oceny. Jednym z takich programów jest projekt Sustainable Mobility, Policy Measures and Assessment (SUMMA), w ramach którego opracowano zestaw wskaźników zrównoważonej mobilności odnoszących się do efektów społecznych, środowiskowych i ekonomicznych. W kategorii wskaźników efektu środowiskowego zdefiniowano między innymi wskaźniki (Borys 2008):

- zużycie energii z podziałem na rodzaj transportu,
- udział zużywanej energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych,
- wielkość emisji gazów cieplarnianych,
- liczba osób narażona na szkodliwe działanie hałasu,
- liczba odpadów nie podlegająca recyklingowi itd.

Biorąc pod uwagę powyższe, do oceny mobilności miejskiej konieczny jest usystematyzowany zestaw wskaźników. To zdefiniowane wskaźniki podporządkowane kryteriom oceny tworzą zbiór wartości wskaźników efektywnościowych wykorzystywanych do oceny mobilności miejskiej.

### 3. Charakterystyka podróży na obszarze miejskim

Podróż na obszarze miejskim to umotywowane przemieszczenie się użytkowników obszarów miejskich pomiędzy dwoma charakterystycznymi punktami identyfikowanymi jako punkt początkowy  $p$  (źródło podróży) i punkt końcowy  $k$  (cel podróży). Wyróżniamy jeszcze punkty pośrednie  $z$  (przystanki, dworce, parkingi, itd.) związane z infrastrukturą transportu dostępną na danym obszarze miejskim. Każdą podróż można traktować jako łańcuch przemieszczeń, w którym elementarne przemieszczenie identyfikowane jest z określonym etapem podróży (rys. 1).



Rys. 1. Struktura podróży na obszarze miejskim

Fig. 1. The structure of the travel in urban areas

Na potrzeby badań podróży na obszarze miejskim możemy zapisać w postaci skończonego ciągu:

$$h = \langle (p, z), (z, \dots), \dots, (\dots, z'), (z', k) \rangle \quad (1)$$

w którym elementy spełniają następujące warunki:

- $p \neq k, z \neq z'$ ,
- $p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, z, z' \in \mathbf{Z}$ ,

gdzie:

$h$  – podróż na obszarze miejskim,

$p$  – punkt początkowy podróży na obszarze miejskim,

$\mathbf{P}$  – zbiór punktów początkowych podróży na obszarze miejskim,

$k$  – punkt końcowy podróży na obszarze miejskim,

$\mathbf{K}$  – zbiór punktów końcowych podróży na obszarze miejskim,

$z, z'$  – punkty pośrednie podróży na obszarze miejskim,

$\mathbf{Z}$  – zbiór punktów pośrednich podróży na obszarze miejskim.

Zbiór wszystkich podróży na danym obszarze miejskim jest zbiorem postaci:

$$\mathbf{H} = \cup_{(p,k)} \mathbf{H}(p, k) \quad (2)$$

gdzie:

$\mathbf{H}$  – zbiór podróży na obszarze miejskim,

Przemieszczanie się na poszczególnych etapach podróży może być realizowane pieszo lub z wykorzystaniem określonego środka transportu (indywidualnego, grupowego oraz zbiorowego środka transportu). Udział poszczególnych sposobów przemieszczeń w podróżach jest zróżnicowany i uzależniony jest od wielu czynników, takich jak aspekty demograficzne, struktury obszarów miejskich, systemu zachęt i bodźców do korzystania z poszczególnych form przemieszczeń, oddziaływania przemieszczeń na środowisko naturalne, dostępności poszczególnych sposobów przemieszczeń na danym obszarze miejskim.

Mając na uwadze zróżnicowanie podróży na obszarach miejskich zakładamy, że zbiór  $\mathbf{HS}$  numerów sposobów podróży na obszarach miejskich ma postać:

$$\mathbf{HS} = \{hs: hs = 1, 2\} \quad (3)$$

gdzie:

$hs = 1$  – podróż piesza,

$hs = 2$  – podróż niepiesza.

Podróże niepiesze to podróże realizowane jednym środkiem transportu oraz podróże multimodalne, w których wykorzystuje się co najmniej dwa różne środki transportu (np. samochód osobowy i autobus

miejski). Uwzględniając takie zróżnicowanie wykorzystania środków transportu zakładamy, że zbiór **HF** numerów form podróży pieszych na obszarach miejskich to zbiór postaci:

$$\mathbf{HF} = \{hf: hf = 1, 2\} \quad (4)$$

gdzie:

$hf = 1$  – podróż jednym środkiem transportu,

$hf = 2$  – podróż multimodalna.

Podróże jednym środkiem transportu realizowane są z wykorzystaniem indywidualnych, grupowych oraz zbiorowych środków transportu. Zważywszy na zróżnicowane wykorzystanie poszczególnych środków transportu założono, że zbiór **HR** numerów sposobów podróży środkami transportu na obszarach miejskich jest zbiorem postaci:

$$\mathbf{HR} = \{hr: hr = 1, 2, 3\} \quad (5)$$

gdzie:

$hr = 1$  – podróż indywidualnym środkiem transportu,

$hr = 2$  – podróż grupowym środkiem transportu,

$hr = 3$  – podróż zbiorowym środkiem transportu.

#### 4. Środowiskowe wskaźniki oceny mobilności miejskiej

Środowiskowe wskaźniki oceny mobilności miejskiej to zdefiniowane wskaźniki odnoszące się do sfery środowiskowej zrównoważonego rozwoju.

- Wskaźnik 1 – określający udział poszczególnych sposobów podróży we wszystkich podróżach zrealizowanych na obszarze miejskim:

$$\kappa 1(hs) = \frac{\sum_{h \in H} q(hs, h)}{\sum_{hs \in HS} \sum_{h \in H} q(hs, h)} \cdot 100\% \quad (6)$$

gdzie:

$\kappa 1(hs)$  – udział  $hs$ -tego sposobu podróży na obszarze miejskim,

$q(hs, h)$  – liczba podróży  $hs$ -tym sposobem podróży w  $h$ -tych podróżach na obszarze miejskim.

- Wskaźnik 2 – określający udział poszczególnych form podróży niepieszych we wszystkich podróżach zrealizowanych na obszarze miejskim:

$$\kappa 2(hf) = \frac{\sum_{hn \in HN} q(hf, hn)}{\sum_{hf \in HF} \sum_{hn \in HN} q(hf, hn) + \sum_{hp \in HP} q(hp)} \cdot 100\% \quad (7)$$

gdzie:

$\kappa 2(hf)$  – udział  $hf$ -tego rodzaju podróży niepieszej w podróżach na obszarze miejskim ogółem,

$q(hf, hn)$  – liczba podróży  $hf$ -tym rodzajem podróży niepieszej w  $hn$ -tych podróżach na obszarze miejskim,

$q(hp)$  – liczba podróży  $hp$ -tym rodzajem podróży na obszarze miejskim.

- Wskaźnik 3 – określający udział poszczególnych form podróży jednym środkiem transportu we wszystkich podróżach zrealizowanych na obszarze miejskim:

$$\kappa 3(hr) = \frac{\sum_{hn \in HN} q(hr, hn)}{\sum_{hr \in HR} \sum_{hn \in HN} q(hr, hn) + \sum_{ho \in HO} \sum_{hm \in HM} \sum_{hp \in HP} q(ho, hm, hp)} \cdot 100\% \quad (8)$$

gdzie:

$\kappa 3(hr)$  – udział  $hr$ -tego rodzaju podróży jednym środkiem transportu w podróżach na obszarze miejskim ogółem,

$q(hr, hn)$  – liczba podróży  $hr$ -tym rodzajem podróży jednym środkiem transportu w  $hn$ -tych podróżach na obszarze miejskim,

$q(ho, hm, hp)$  – liczba podróży na obszarze miejskim  $ho, hm, hp$ -tym rodzajem podróży.

- Wskaźnik 4 – określający udział poszczególnych form podróży intermodalnych we wszystkich podróżach zrealizowanych na obszarze miejskim:

$$\kappa 4(he) = \frac{\sum_{he \in HE} q(he, ho)}{\sum_{he \in HE} \sum_{ho \in HO} q(he, ho) + \sum_{ht \in HT} \sum_{hm \in HM} \sum_{hp \in HP} q(ht, hm, hp)} \cdot 100\% \quad (9)$$

gdzie:

$\kappa 4(he)$  – udział  $he$ -tego rodzaju podróży intermodalnej w podróżach na obszarze miejskim ogółem,

$q(he, ho)$  – liczba podróży  $he$ -tym rodzajem podróży intermodalnej w  $ho$ -tych podróżach na obszarze miejskim,

$q(ht, hm, hp)$  – liczba podróży na obszarze miejskim  $ht, hm, hp$ -tym rodzajem podróży.

- Wskaźnik 5 – określający udział poszczególnych form podróży multimodalnych we wszystkich podróżach zrealizowanych na obszarze miejskim:

$$\kappa 5(hu) = \frac{\sum_{h \in H} q(hu, hm)}{\sum_{hu \in HU} \sum_{hm \in HM} q(hu, hm) + \sum_{ht \in HT} \sum_{ho \in HO} \sum_{hp \in HP} q(ht, ho, hp)} \cdot 100\% \quad (10)$$

gdzie:

$\kappa 5(hu)$  – udział  $hu$ -tego rodzaju podróży multimodalnej w podróżach na obszarze miejskim ogółem,

$q(hu, hm)$  – liczba podróży  $hu$ -tym rodzajem podróży multimodalnej w  $hm$ -tych podróżach na obszarze miejskim,

$q(ht, ho, hp)$  – liczba podróży na obszarze miejskim  $ht, ho, hp$ -tym rodzajem podróży.

## 5. Wnioski

Aktywność użytkowników obszarów miejskich stanowi wyzwanie dla władz miast w poszczególnych krajach. Analizując cele strategiczne w odniesieniu do rozwoju miast można zauważyć znaczący nacisk na kwestie związane z ochroną środowiska. Wśród tych celów można wymienić cel związany z redukcją zanieczyszczeń powietrza oraz obniżeniem hałasu na obszarach miejskich. Realizacja tego celu możliwa jest między innymi poprzez obniżenie liczby samochodów osobowych poruszających się po miejskiej sieci transportowej, redukcje liczby pojazdów o napędzie konwencjonalnym w publicznym transporcie zbiorowym.

Wiele miast wprowadziło odpowiednie zapisy do swoich strategii transportowych i stara się realizować powyższe cele. Jednak realizacja tych celów jest niewystarczająca, podjęto więc działania w kierunku sformułowania nowej kultury mobilności w mieście. Podejście to oparto na rozszerzonej interpretacji mobilności miejskiej. Działania w zakresie mobilności miejskiej zostały przedstawione w sporządzanych przez miasta planach transportowych i planach zrównoważonej mobilności miejskiej. W planach tych zapisano między innymi podjęcie działań w kierunku obniżenia liczby podróży realizowanych samochodami osobowymi, zwiększenie liczby podróży pieszych, zachęcenie użytkowni-



ków obszarów miejskich do korzystania z publicznego transportu zbiorowego, do zwiększenia liczby podróży multimodalnych.

Biorąc pod uwagę powyższe działania zauważalna jest kwestia jak oceniać te działania. W strategiach transportowych miast, planach transportowych i planach zrównoważonej mobilności miejskiej brakuje etapu oceny. Zdefiniowane w pracy środowiskowe wskaźniki oceny mobilności miejskiej z powodzeniem można wykorzystać na w ocenie etapowej realizowanych działań jak i w końcowej ewaluacji danych planów.

## Literatura

- Bohdal, T., Charun, H., Sikora, M. (2015). Selected Aspects of Legal, Technical and Ecological Use of Compression Heat Pumps. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 17, 461-484.
- Bohdal, T., Charun, H., Sikora, M. (2011). Comparative investigations of the condensation of R134a and R404A refrigerants in pipe minichannels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 54, 1963-1974.
- Bohdal, Ł., & Walczak, P. (2013). Eco-modeling of Metal Sheet Cutting with Disc Shears. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 15, 863 –873.
- Borys, T. (2008). *Analiza istniejących danych statystycznych pod kątem ich użyteczności dla określenia poziomu zrównoważonego rozwoju transportu wraz z propozycją ich rozszerzenia*. Raport z realizacji ekspertyzy, Jelenia Góra-Warszawa.
- Chamier-Gliszczyński, N. (2010). Optimal design for the environment of the means transportation: a case study of reuse and recycling materials. *Solid State Phenomena*, 165, 244-249.
- Chamier-Gliszczyński, N. (2011). Sustainable operation of a transport system in cities. *Key Engineering Materials*, 486, 175-178.
- Chamier-Gliszczyński, N. (2011a). Reuse, recovery and recycling system of end-of life vehicles. *Key Engineering Materials*, 450, 425-428.
- Chamier-Gliszczyński, N. (2011b). Recycling aspect of end-of life vehicles. Recovery of components and materials from ELVs. *Key Engineering Materials*, 450, 421-424.
- Chamier-Gliszczyński, N. (2011c). Environmental aspects of maintenance of transport means. End-of life stage of transport means, *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, 2, 59-71.
- Chamier-Gliszczyński, N. (2012). *Modeling System Mobility in Urban Areas*. Congress Proceedings – CLC 2012, Jeseník, Czech Republic: Carpathian Logistics Congress.

- Chamier-Gliszczyński, N. (2013). *The elements of system mobility in urban areas*. Cracow, Poland: Carpathian Logistics Congress – Congress Proceedings, CLC.
- COM 913 (2013). *Wspólne dążenie do osiągnięcia konkurencyjnej i zasobooszczędnej mobilności w miastach*. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Bruksela.
- Dyczkowska, J. (2012). Eco-logistics in the Transport, Shipping and Logistics Branch: an Analysis. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 11, 649-658.
- Dyczkowska, J. (2013). Processes of logistic customer service: behaviour of senders and recipients. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*, 3(1), 23-27.
- Eads, George, C. (2003). Indicators of Sustainable Mobility. *Word Business Council for Sustainable Development*.
- Jacyna, M. (2013). Cargo flow distribution on the transportation network of the national logistic system. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 15, 197-218.
- Jacyna, M. (2013a). The role of the cargo consolidation center in urban logistics system. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 8, 100-113.
- Jacyna-Gołda, I., Żak, J., Gołębiewski, P. (2014). Models of traffic flow distribution for various scenarios of the development of proecological transport system. *Archives of Transport*, 4(32).
- Janecki, R., & Karoń, G. (2014). Concept of Smart Cities and Economic Model of Electric Buses Implementation. *Communications in Computer and Information Science*, 471, 100-109.
- Karkula, M., & Bukowski, L. (2012). *Computational Intelligence Methods-Joint Use in Discrete Event Simulation Model of Logistics Processes*. Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2012 Winter.
- Karoń, G., & Żochowska, R. (2015). Modelling of expected traffic smoothness in urban transportation systems for ITS solutions. *The Archives of Transport*, 33(1), 33-45.
- Karoń, G., & Mikulski, J., (2014). Problems of Systems Engineering for ITS in Large Agglomeration-Upper-Silesian Agglomeration in Poland. *Communications in Computer and Information Science*, 471, 242-251.
- Kasperska, E. (2015). CIVITAS RENAISSANCE Project in Szczecinek in the Context of Sustainable Development. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 17, 747-759.

- Kiba-Janiak, M., & Cheba, K. (2014). How Local Authorities are Engaged in Implementation of Projects Related to Passenger and Freight Transport in Order to Reduce Environmental Degradation in the City. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 151, 127-141.
- Litman, T. (2013). *Well Measured: Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute, www.vtpi.or.
- Merkisz, J., Pielecha, J., Lijewski, P., Merkisz-Guranowska, A., Nowak, M. (2013). Exhaust Emissions From Vehicles In Real Traffic Conditions In The Poznan Agglomeration. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 174, 27-38.
- Szarata, A. (2014). *Defining Shape of Membership Function for Mamdani's Fuzzy Inference System within Park & Ride share modelling*. AIP Conference Proceedings, 1648.
- Szarata, A. (2005). Modelling of Park and Ride trips. *6th International Conference Environmental Engineering*, 1, 2, 642-645.
- Szczyptański, E., Jacyna, M., (2013). An approach to optimize the cargo distribution in urban areas. *Logistics and Transport*, 1(17), 53-62.
- Żochowska, R. (2014). Selected issues in modelling of traffic flows in congested urban networks. *Archives of Transport* 1(29).
- Żochowska, R., & Karoń, G. (2015). ITS Services Packages as a Tool for Managing Traffic Congestion in Cities. *Intelligent Transportation Systems-Problems and Perspectives*, Vol. 32 of the series *Studies in Systems, Decision and Control*, 81-103.

## **Urban Mobility Assessment Indicators in the Perspective of the Environment Protection**

### **Abstract**

The present-day urban areas, which are inhabited in Europe by 70 per cent of the population, and which contribute to over 80 per cent of the EU Gross Domestic Product, constitute a significant element in activities aimed at environmental protection. Environmental protection in cities is a complex issue, one which involves residents or, in a broader interpretation, the users of urban areas, enterprises and institutions. All of them generate transportation needs. The fulfilment of those needs involves a negative environmental impact. The primary element that substantially contributes to environmental degradation is road transport. This is responsible for 40 per cent of CO<sub>2</sub> emissions and 70 per cent of the emissions of other pollutants in urban areas. Intense road traffic means increased congestion in city roads, which also generates undesirable environmental impacts. In order to limit these negative consequences to environment in urban areas, various

initiatives are undertaken. One of such initiatives is aimed at the formation of mobility in cities. It was observed that urban mobility has a substantial impact on the surrounding environment.

Taking the issues mentioned above, an attempt was made in the article to define urban mobility assessment indicators in the perspective of environmental protection. Out of the vast group of those assessment indicators that may be defined, a group of environmental indicators was presented in the paper. For the purpose of the development of assessment indicators, experiences were used from an evaluation of the activities implemented under the CIVITAS European project. The present article contains mathematical formulations of environmental urban mobility assessment indicators.

### **Streszczenie**

Współczesne obszary miejskie, które w Europie zamieszkuje 70% ludności, przyczyniają się do osiągnięcia ponad 80% PKB Unii Europejskiej, stanowią istotny element działań ukierunkowanych na ochronę środowiska naturalnego. Ochrona środowiska w miastach to złożony problemem, w którym stronami są mieszkańcy w szerszej interpretacji użytkownicy obszarów miejskich, przedsiębiorstwa i instytucje. Wszyscy oni generują potrzeby transportowe, których zaspakajanie ma negatywny wpływ na otaczające środowisko. Podstawowym elementem, który w znacznym stopniu przyczynia się do degradacji środowiska jest transport drogowy. Odpowiada ona za 40% emisji CO<sub>2</sub> i 70% emisji pozostałych zanieczyszczeń na obszarach miejskich. Wzmożony ruch drogowy to wzrost kongestii na miejskich drogach, która również generuje niepożądane skutki środowiskowe. W celu ograniczenia tych negatywnych konsekwencji dla środowiska na obszarach miejskich podejmowane są różnego rodzaju inicjatywy. Jedną z takich inicjatyw ukierunkowana jest kształtowanie mobilności w miastach. Zauważono, że mobilność miejska ma istotny wpływ na otaczające środowisko.

Uwzględniając powyższe problemy w artykule podjęto próbę zdefiniowania wskaźników oceny mobilności miejskiej w aspekcie ochrony środowiska. Z obszernej grupy możliwych do określenia wskaźników oceny w pracy przedstawiono grupę wskaźników środowiskowych. W opracowywaniu wskaźników oceny wykorzystano doświadczenia z ewaluacji zadań wdrożonych w ramach europejskiego projektu CIVITAS. Artykuł zawiera matematyczne sformułowanie środowiskowych wskaźników oceny mobilności miejskiej.

### **Słowa kluczowe:**

mobilność miejska, podróż, wskaźniki oceny

### **Keywords:**

urban mobility, travel, assessment indicators