

Niezawodność czasu podróży

a decyzje użytkowników transportu – ujęcie teoretyczne

Bartłomiej Gorlewski, Monika Czerwonka

Artykuł odnosi się do istotnej kwestii w ekonomice transportu, jaką jest niezawodność czasu podróży. Czas ma określoną wartość zarówno w transporcie pasażerskim jak i towarowym. Wahania czasu przejazdu wpływają na zwiększenie ogólnych kosztów transportu, dlatego użytkownicy transportu uwzględniają ten czynnik w decyzjach dotyczących wariantu przewozu. Zagadnienie to przedstawione jest na podstawie badań przeprowadzonych w wybranych krajach. Doświadczenia tych państw wskazują, że użytkownicy transportu traktują wahania czasu przejazdu jako koszt i są skłonni płacić za większą niezawodność czasu podróży. W artykule przedstawiono teoretyczne modele wartościujące wahania czasu podróży opracowane przez (Jacksona-Juckera oraz Smalla).

Artykuł recenzowany zgodnie z wytycznymi MNiSW

data zgłoszenia do redakcji: 06.05.2013

data akceptacji do druku: 14.02.2014



dr
Bartłomiej Gorlewski
Kolegium Zarządzania
i finansów SGH
bgorle@sgh.waw.pl



dr
Monika Czerwonka
Kolegium Zarządzania
i finansów SGH
monika.czerw@sgh.waw.pl

Wprowadzenie

Wybierając środek transportu użytkownicy biorą pod uwagę szereg kryteriów. Najważniejszymi z nich są czas i koszt podróży. Czas w transporcie ma określoną wartość i jest składnikiem uogólnionego kosztu transportu. Analiza czynnika czasu standardowo odbywa się w odniesieniu do czasu trwania podróży. Jednakże dla użytkowników transportu, obok czasu podróży, nie mniej istotna jest niezawodność czasu podróży, czyli zdolność danego środka transportu do zapewnienia przewozu w ustalonym czasie. Jest to zagadnienie istotne z punktu widzenia zarządzania w transporcie a także dla polityki transportowej i dotyczy różnych środków transportu. O. Wyszomirski zalicza niezawodność, rozumianą jako pewność realizacji usługi przewozowej zgodnie z ofertą, do najczęściej wymienianych postulatów przewozowych [15]. Na niezawodność czasu podróży w transporcie drogowym

ma wpływ zatłoczenie i ograniczenie przepustowości dróg, które może być wynikiem jednorazowych czynników jak remont drogi lub wypadek, ale także może być wynikiem czynników powtarzalnych, jak zatłoczenie związane z godzinami szczytu. W transporcie kolejowym czy lotniczym na niezawodność czasu podróży wpływa przede wszystkim zdolność operatorów do sprawnego zorganizowania przewozu oraz zdolność zarządców infrastruktury do zapewnienia operatorom warunków niezbędnych do planowej realizacji usług przewozowych.

Użytkownicy transportu mają ograniczony wpływ na czynniki wpływające na niezawodność czasu podróży, jednakże podejmując decyzje dotyczące wariantu podróży, muszą je uwzględniać. Czas spędzony w podróży jest kosztem, który użytkownicy transportu chcą ograniczać. Dlatego przesłanką wyboru środków transportu jest dążenie do efektywnego wykorzystania czasu. Szybszy środek transportu umożliwia oszczędność czasu podróży i wykorzystanie go do innych, bardziej atrakcyjnych z punktu widzenia ekonomicznego, rodzajów aktywności (np. pracę lub wypoczynek). Porównania takiego pasażerowie dokonują w oparciu o koszty, jakie wiążą się z transportem oraz ich subiektywną wartością czasu. W zależności od wartości przypisywanych jednostkom czasu, są skłonni zapłacić za skrócenie czasu podróży określoną kwotę.

Użytkownicy transportu, dążą do tego by odbyć swą podróż w zaplanowanym czasie. Z punktu widzenia maksymalizacji funkcji użyteczności dążą do spełnienia dwóch warunków, przybycia do miejsca docelowego o pożądanym czasie oraz spędzenia w podróży jak najmniej czasu. Użyteczność transportu będzie mniejsza im bardziej czas rzeczywistego przyjazdu do miejsca docelowego będzie różnił się od planowanego (zarówno w przypadku spóźnienia jak

i w przypadku wcześniejszego przyjazdu). Dodatkowo użyteczność transportu będzie malała wraz ze wzrostem czasu podróży.

Spodziewając się możliwości niedotrzymania planowanego czasu podróży (np. ze względu na zatłoczenie związane z godzinami szczytu) użytkownicy transportu chcąc dotrzeć do miejsca docelowego o zaplanowanej porze, muszą rozpocząć podróż odpowiednio wcześniej, co wpływa na zwiększenie czasu przejazdu, a tym samym na zwiększenie ogólnych kosztów transportu. Daje to podstawę by stwierdzić, że niezawodność czasu przejazdu wpływa na koszt transportu, przez co ma wartość pieniężną dla użytkowników transportu.

Artykuł odnosi się do teoretycznego aspektu niezawodności czasu podróży w kontekście użyteczności postrzeganej przez użytkowników transportu. Preferencje pasażerów są istotne także z punktu widzenia przewoźników, bo jak pisze K. Szalucki, przewoźnicy są zainteresowani tym, jak kształtuje się skłonność społeczeństwa do rzeczywistego i efektywnego korzystania z oferty przewozowej, co pozwala kwantyfikować wymiar popytu realnego [11].

Niezawodność czasu przejazdu w literaturze

Teorie alokacji czasu uwzględniają również problem wartościowania czasu przez różnych uczestników rynku transportowego. Różnią się one w zależności od indywidualnego postrzegania zasobu czasu. Subiektywna wartość czasu to kwota, jaką pasażer jest skłonny zapłacić w celu redukcji czasu podróży o jednostkę. Z teoretycznego punktu widzenia, wybór użytkowników motywowany jest dążeniem do maksymalizacji funkcji użyteczności, ograniczonej przez dochód. Na ogólny czas podróży mają także wpływ oczekiwania pasażerów związane

z niezawodnością czasu podróży. Na ten fakt zwraca uwagę M. Bąk, stwierdza, że spadek niezawodności powoduje wzrost kosztów opóźnień w porównaniu ze standardowym czasem podróży [3].

W literaturze znane są badania związane z niezawodnością czasu podróży oparte na obserwacjach zachowań kierowców lub na miarach wahań czasu podróży odbywających się w wybranych relacjach. J. Pieriegud analizując sprawność systemów transportowych wskazuje, że wskaźnikiem oceny może być poziom niezawodności czasu podróży, rozumiany jako liczba i skala opóźnień [9]. Jest to cecha systemów transportowych, która może oznaczać dla podróżnych dodatkowe koszty oraz niepewność. Wahania czasu podróży mogą w dużym stopniu wpływać na decyzje związane z wyborami dotyczącymi podróży jak na przykład czas podróży, trasa, czy środek transportu.

Reakcją użytkowników transportu na wahania czasu podróży jest najczęściej odpowiednie dostosowanie czasu odjazdu, co potwierdzają badania Mensashe i Guttmana [7]. W odniesieniu do problemu związanego z wahaniami czasu podróży w badaniu ustalono, że użytkownicy transportu planują wcześniejsze rozpoczęcie podróży jeżeli nie mają pewności czy wybrany środek transportu umożliwi osiągnięcie celu podróży w planowanym czasie. Zapewniają sobie wtedy odpowiedni margines bezpieczeństwa, jednakże w ten sposób wydłużają przeciętny czas podróży, co wpływa na zwiększenie uogólnionego kosztu transportu. Margines bezpieczeństwa to dodatkowy czas, jaki użytkownicy transportu muszą przeznaczyć na podróż, aby uniknąć opóźnień. Może być wyrażony za pomocą jednostek czasu lub procentowo w stosunku do przeciętnego czasu podróży. Margines bezpieczeństwa jest zachowywany na wypadek niespodziewanych utrudnień, na podstawie wcześniejszych doświadczeń podróżnych. Według B. Liberadzkiego miarą niezawodności systemu transportowego może być proporcja ilości operacji transportowych wykonanych zgodnie z warunkami umowy do ogólnej liczby wykonanych operacji [6].

Dodatkowo badania Bhat i Sardesai wykazały, że poza obniżeniem kosztów podróży podróżni są skłonni zapłacić za zmniejszenie wahań czasu podróży, co więcej, zapłaciliby więcej za zmniejszenie wahań czasu podróży niż za skrócenie czasu podróży [2].

Wahania czasu podróży można podzielić na trzy kategorie. Pierwszą z nich są wahania w ciągu dnia spowodowane przez różnice w liczbie podróżnych, wypadki, roboty drogowe oraz zmiany pogodowe. Druga kategoria to wahania okresowe, właściwe dla

Tabela 1. Czynniki wpływające na zmiany czasu podróży transportem drogowym, źródło: [14]

Czynniki związane z popytem	Czynniki związane z infrastrukturą
liczba samochodów charakterystyka kierowców rozkład popytu pomiędzy gałęzie transportu godziny szczytu czynniki okazjonalne i sezonowe informacja o stanie przejezdności dróg	wypadki na drodze remonty nieprzewidziane utrudnienia techniczne warunki pogodowe kategoria drogi

danego okresu w tygodniu lub w miesiącu, które odzwierciedlają zmiany w godzinach odjazdów i zmiany w zatłoczeniu ulic. Trzeci typ stanowią wahania związane z charakterystyką kierowców oraz typem pojazdu [1].

Koncepcja wahań czasu podróży zakłada, że podróżni muszą podejmować decyzje związane z podróżą biorąc pod uwagę konkretne warunki czasu podróży. Zatem nie są oni w stanie przewidzieć dokładnego czasu przyjazdu przed rozpoczęciem podróży, znając czas odjazdu. O ile użytkownicy transportu mogą mieć pewne przewidywania co do zatłoczenia ruchu to zazwyczaj nie mogą przewidzieć wahań czasu podróży spowodowanych np. niemożliwym do przewidzenia wypadkiem drogowym lub odwołaniem usług. Mogą natomiast przewidzieć zatłoczenie ruchu związane z godzinami szczytu. Przykładową systematyzację czynników wahań czasu podróży pokazuje tab. 1.

Większość użytkowników transportu wykazuje większą awersję do niespodziewanych opóźnień niż do spodziewanych trudności, jaką jest na przykład regularne zatłoczenie spowodowane godzinami szczytu. Wiedza na temat rodzajów opóźnień oraz ich wpływ na przyszłe decyzje podróżnych ma kluczowe znaczenia dla polityki transportowej oraz dla zarządców infrastruktury. Jednym ze znanych w praktyce przykładów zarządzania wiedzą i informowania o opóźnieniach są drogowe systemy informacji, które poprzez komunikaty na tablicach informują pasażerów o odcinkach drogi, na których, o danej porze dnia, może wystąpić opóźnienie.

W niektórych krajach kwestia niezawodności czasu podróży jest uwzględniona w dokumentach programowych rządu. Rząd Wielkiej Brytanii w ramach swojej polityki transportowej zamierza obniżyć o jedną czwartą ilość opóźnień pociągów powyżej pół godziny oraz poprawić niezawodność usług kolejowych do 93% przed 2014r [12]. W USA, Federalna Agencja ds. Autostrad wykorzystuje miary niezawodności czasu podróży w kształtowaniu narzędzi przeciwdziałających kongestii [13].

Z punktu widzenia teorii wyboru, w literaturze dotyczącej opisywanego problemu spotykane są głównie podejścia oparte na wpływie niezawodności czasu podróży na użyteczność postrzeganą przez użytkow-

ników transportu. Uzupełnione są one dodatkowo o odchylenie standardowe lub wariancję. Na tej podstawie powstały modele określające wpływ opóźnień na użyteczność transportu.

Model dwuczynnikowy Jacksona-Juckera i model Smalla

Model Jacksona-Juckera odnosi się do wahań czasu podróży i zakłada, że wahania czasu podróży zmniejszają użyteczność danego wariantu usługi transportowej dla użytkownika [8]. Wahania czasu podróży mogą być przedstawione jako wariancja lub odchylenie standardowe czasu podróży. W modelu tym użyteczność jest zdefiniowana jako funkcja średniego czasu podróży oraz wariancji przy założeniu, że podróżni dążą do zminimalizowania czasu podróży i wahań. Przedstawia to równanie użyteczności [5]:

$$U = ET + xV(T)$$

gdzie ET oznacza średni czas przejazdu, $V(T)$ oznacza wariancję czasu przejazdu, zaś x mierzy wpływ wariancji na czas podróży. Powyższa teoretyczna formuła dwuczynnikowego modelu została rozwinięta przez K. Smalla, który analizował zachowanie użytkowników transportu i ich reakcję na wahania czasu podróży. Model Smalla uwzględnia oczekiwany czas podróży oraz odchylenie od zakładanego czasu podróży zarówno w przypadku krótszej jak i dłuższej podróży niż planowana. Takie podejście pozwala na uwzględnienie różnic w czasie przejazdu wynikających z różnego natężenia ruchu, co obrazuje równanie [10]:

$$EC_s = \alpha E(T) + \beta E(SDE) + \gamma E(SDL) + \theta P_i$$

gdzie α , β i γ są szacowanymi parametrami dla oczekiwanych czasów podróży $E(T)$, $E(SDE)$ oznacza oczekiwane odchylenie od czasu przyjazdu w przypadku krótszej podróży niż planowana (*expected schedule delay early*), $E(SDL)$ oznacza oczekiwane odchylenie od czasu przyjazdu w przypadku dłuższej podróży niż planowana (*expected schedule delay late*). Parametr P_i oznacza zmienną binarną, przyjmującą wartości 1 gdy $SDL \geq 0$ oraz 0 w każdym innym przypadku.

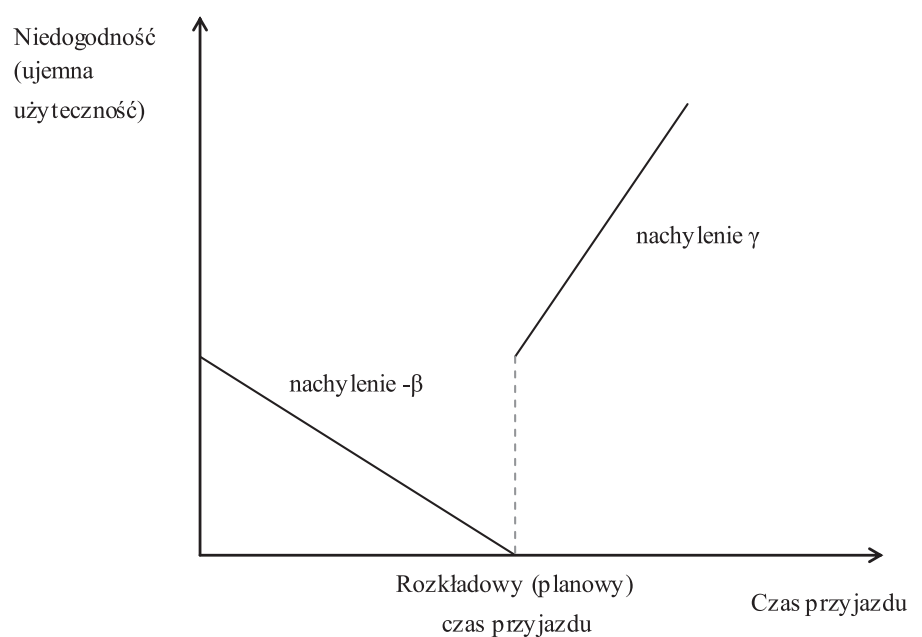
Model stworzony przez Smalla umożliwia analizę wyboru w sytuacji niepewności, ponieważ uwzględnia możliwość zakończenia

podróży o określonym czasie, biorąc pod uwagę ognienie oraz wcześniejszy przyjazd. Model ten zakłada, że podróżni będą dążyć do maksymalizacji oczekiwanej użyteczności. Oczekiwana użyteczność EC jest funkcją oczekiwanego czasu podróży $E(T)$, niedotrzymania planowanego czasu podróży polegającego na wcześniejszym przyjeździe $E(SDE)$, niedotrzymania planowanego czasu podróży polegającego na opóźnieniu $E(SDL)$ oraz miarę niedogodności związanej z samym faktem zaistnienia opóźnienia.

Model przedstawiony przez Smalla jest podejściem do kształtowania niezawodności czasu podróży, który bierze pod uwagę konsekwencje wynikające z braku możliwości polegania na szacowanym czasie podróży. Użyteczność usługi transportowej maleje zarówno w przypadku opóźnienia jak i w przypadku przyjazdu zbyt wcześnie. Przedstawia to rys. 1 gdzie nachylenie krzywych wpływających na postrzeganą użyteczność podróży zależy od tego czy rzeczywisty czas podróży był krótszy czy też dłuższy od rozkładowego (planowanego) czasu podróży.

Model użyteczności czasu przejazdu służy zrozumieniu decyzji użytkowników transportu dotyczących czasu odjazdu w celu dotarcia na określone miejsce w pożądanym czasie. Small w swoich dalszych badaniach uwzględnił także społeczne cechy użytkowników transportu oraz typ podróży, aby uchwycić różnice wartości jakie podróżni przypisują wahaniom czasu podróży. Podobnie jak czynnik czasu, który ma w transporcie określoną wartość, tak też niezawodność czasu podróży mierzona odchyleniami od oczekiwanego czasu przejazdu ma wartość pieniężną dla użytkowników transportu. Na przykład, jego badania wykazały, że wyższą wartość wahań czasu podróży posiadała podróż do pracy niż w przypadku podróży o charakterze prywatnym. Wartość wahań czasu podróży (tj. koszt jaki generują wahania czasu podróży) może być wykorzystana do wyznaczenia jaka jest skłonność pasażerów do płacenia za niezawodność czasu podróży. Badania G. de Jonga i in. wykazały, że stosunek niezawodności zdefiniowany jako krańcowa stopa substytucji między średnią czasu podróży i wahań czasu podróży samochodem oscyluje w granicach wartości 0,8, zaś w przypadku podróży transportem publicznym 1,3 [4].

W odniesieniu do reakcji użytkowników transportu na różne poziomy niezawodności wynikające z opóźnień warto zwrócić uwagę na różnice pomiędzy gałęziami transportu. Modele wahań czasu podróży lepiej oszacowują niezawodność czasu podróży dla podróżujących samochodem ze



1. Użyteczność czasu przejazdu, źródło: [1]

względu na możliwość dowolnego dostosowywania czasu wyjazdu przez kierowcę samochodu. Z kolei w transporcie publicznym możliwość dostosowywania czasu wyjazdu jest ograniczona rozkładem jazdy, który może oferować kilka lub tylko jedno połączenie o danej porze dnia.

Podsumowanie

Z praktycznego punktu widzenia, szczególnie interesujące wydaje się ustalenie konkretnych wartości, jakie użytkownicy transportu przypisują niezawodności czasu podróży. Jest to o tyle istotne, że pozwala skutecznie kształtować politykę transportową. W tym zakresie istotna jest skłonność użytkowników do płacenia za większą niezawodność czasu podróży. Na przykład o ile więcej byliby skłonni zapłacić za przejazd autostradą, gdyby przejazd nią wiązał się z mniejszymi wahaniem czasu podróży niż drogą ekspresową. Podobnie w przypadku podróży koleją, skłonność do płacenia za niezawodność czasu podróży pozwoliłaby odpowiedzieć na pytanie o ile więcej podróżni są skłonni zapłacić za przejazd, przy zachowaniu większej punktualności.

Informacje takie mogą być pozyskane w badaniach przeprowadzanych wśród użytkowników transportu, w których w specjalnie zaprojektowanych pytaniach analizuje się hipotetyczne wybory pomiędzy wariantami podróży o różnym poziomie oczekiwanej użyteczności. Tego rodzaju dane mogą być także wykorzystywane przy wdrażaniu elementów zrównoważonego rozwoju w transporcie. Motywacją dla użytkowników transportu do korzystania z transportu zbiorowego może być w tym przy-

padku empirycznie udowodniona większa niezawodność czasu przejazdu (transport szynowy, wydzielone pasy ruchu dla transportu zbiorowego) w stosunku do transportu indywidualnego (większa liczba wypadków, natłoki ruchu).

Niezawodność czasu przejazdu jest zagadnieniem szczególnie ważnym w transporcie towarów gdzie czas dostawy ma kluczowe znaczenia dla odbiorcy. Wpływ na taką sytuację mają strategie przedsiębiorstw oparte na zasadzie „just-in-time”, w których dostawy muszą być realizowane w precyzyjnie określonych przedziałach czasowych. Utrzymanie płynnych i terminowych dostaw w sieci transportowej, w której rodzaj i jakość infrastruktury powodują duże wahania czasu przejazdu, znacznie zwiększa koszty funkcjonowania przedsiębiorstw transportowych. Wskazuje to na potrzebę dalszych badań empirycznych w tym zakresie.

Publikacja powstała w ramach projektu „Naukowcy dla gospodarki Mazowsza” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Bates J., Polak J., Jones P., Cook A. The valuation of reliability for personal travel, *Transport Research Part E*, 2001, nr 37, s. 191-229.
- [2] Bhat C., Sardesai R. The impact of stop-making and travel time reliability on commute mode choice, *Transportation Research Part B: Methodological*, 2006, vol. 40, nr 9, s. 709-730.

- [3] Bąk M. Koszty krańcowe kongestii. W: Bąk M. (red.) Koszty i opłaty w transporcie. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, 2010, s. 96-101
- [4] de Jong G., Kouwenhoven M., Kroes E., Rietveld P. Preliminary Monetary Values for the Reliability of Travel Times in Freight Transport, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 2009, vol. 9, nr. 2, s. 83.
- [5] Jackson W., Jucker J. An Empirical Study of Travel Time Variability and Travel Choice Behavior, *Transportation Science*, 1982, nr 16, s. 462-475.
- [6] Liberadzki B. Sprawność i efektywność funkcjonowania transportu a procesy demonopolizacji i konsolidacji W: Paprocki W., Pieriegud J. (red.) Wpływ procesów demonopolizacji i konsolidacji w transporcie na sprawność i efektywność jego funkcjonowania. Oficyna Wydawnicza SGH, 2005, s. 184-191
- [7] Menashe E. and Guttman J.M. Uncertainty, continuously modal split and the value of travel time in Israel, *Journal of Transport Economics and Policy*, 1986, vol. 20, nr 3, s. 369-375.
- [8] Noland R.B., Polak J.W. Travel time variability: A review of theoretical and empirical issues, *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 2002, Vol. 22, nr 1, s. 39-93.
- [9] Pieriegud J. Kryteria i narzędzia oceny sprawności system transportowego. W: Paprocki W., Pieriegud J. (red.) Wpływ procesów demonopolizacji i konsolidacji w transporcie na sprawność i efektywność jego funkcjonowania. Oficyna Wydawnicza SGH, 2005, s. 53-59
- [10] Small K., Noland R., Chu X., Lewis D. Valuation of travel-time savings and predictability in congested conditions for highway user-cost estimation, NCHRP Report nr 431, Transportation Research Board, 1999.
- [11] Szałucki K. Transport samochodowy. W: Rydzkowski W., Wojewódzka-Król K. (red.) Transport. Wyd. Naukowe PWN, 2008, s. 38-73
- [12] Department for Transport. Towards a Sustainable Transport System Supporting Economic Growth in a Low Carbon World, Londyn, 2007, s. 1-90
- [13] U.S. Department of Transportation Travel time reliability. Making it there on time, all the time, 2012, s. 1-6
- [14] van Lint J., van Zuylen H., Tu H. Travel time unreliability on freeways: Why measures based on variance tell only half the story, *Transportation Research Part A*, 2008, nr 42, s. 258-277
- [15] Wyszomirski O. Transport miejski. W: Rydzkowski W., Wojewódzka-Król K. (red.) Transport. Wyd. Naukowe PWN, 2008, s. 213-248

SITK-RP

ERNESTY 2013 - nominacje

Zarząd Krajowy SITK na posiedzeniu w dniu 18 marca br. ustalił nominacje do nagrody Ernest za wyróżniającą działalność na rzecz SITK i transportu w 2013 roku, w sześciu kategoriach:

Kategoria:

najaktywniejszy w dziedzinie kolejnictwa

Bogdan Bresch - Oddział SITK w Poznaniu
Andrzej Kozłowski - Oddział SITK w Szczecinie
Józefa Majerczak - Oddział SITK w Krakowie

Kategoria:

najaktywniejszy w dziedzinie drogownictwa

Alicja Bazarnik - Oddział SITK w Krakowie
Andrzej Dusiński - Oddział SITK w Ciechanowie
Tadeusz Kanas - Oddział SITK w Koszalinie

Kategoria:

najaktywniejszy w dziedzinie transportu

Sławomir Olszowski - Oddział SITK w Radomiu
Zygmunt Rakoczy - Oddział SITK w Wałbrzychu
Andrzej Szarata - Oddział SITK w Krakowie

Kategoria: najaktywniejszy klub/koło

Koło przy Oddziale GDDKiA w Krakowie
- Oddział SITK w Krakowie
Koło nr 3 przy BPK Poznań - Oddział SITK w Poznaniu
Klub przy Zakładzie Dróg i Mostów Politechniki Rzeszowskiej - Oddział SITK w Rzeszowie

Kategoria:

najaktywniejszy klub/koło seniorów

Koło Seniorów - Oddział SITK w Gdańsku
Klub Seniora - Oddział SITK w Krakowie
Koło Seniorów - Oddział SITK w Szczecinie

Kategoria:

najaktywniejszy oddział

Oddział SITK w Poznaniu
Oddział SITK w Radomiu
Oddział SITK w Szczecinie

Rozstrzygnięcie konkursu i wręczenie nagród odbędzie się podczas XXXI Zwyczajnego Zjazdu Delegatów SITK RP w Ostrowie Wielkopolskim w dniu 9 maja.