

# UDRŽITELNOST TUNELOVÝCH STAVEB – HODNOCENÍ KVALITY DOPRAVY V SOUVISLOSTI S OTEVŘENÍM DALŠÍ ČÁSTI MĚSTSKÉHO OKRUHU SUSTAINABILITY OF TUNNEL STRUCTURES – ASSESSMENT OF TRAFFIC QUALITY IN THE CONTEXT OF THE INAUGURATION OF ANOTHER PART OF THE CITY CIRCLE ROAD

PAVEL PŘIBYL

## ABSTRAKT

Článek upozorňuje na trend, který se stále více řeší v souvislosti s tunelovými stavbami v mezinárodním výboru „Road Tunnel Operation“ světové silniční organizace PIARC. Změna myšlení souvisí s pojmem „udržitelnost“, kdy se vědeckými metodami zkoumají sociální, ekologické a ekonomické dopady stavby v dlouhodobém horizontu desítek let a tím se hodnotí i její prospěšnost. Tunelový komplex Blanka je bezpochyby jednou z nejkompaktnějších podzemních struktur na našem území a má i zřejmý vliv na dopravu v celé Praze. Článek upozorňuje na to, že hodnocení ekonomických dopadů je také spojeno s hodnocením kvality dopravy, která se dá vyjádřit ve finančním ekvivalentu. Jsou uvedeny dílčí výsledky změny kvality dopravy založené na datech získaných z plovoucích vozidel.

## ABSTRACT

The paper points out the trend which has been more and more solved in the context of tunnel structures in the international committee “Road Tunnel Operation” of the world road organisation PIARC. The change in thinking is associated with the term “sustainability”, where social, environmental and economic consequences of a structure are examined using scientific methods in the long term of decades and even its benefits are assessed in this way. The Blanka complex of tunnels is undoubtedly one of the most complex underground structures in the Czech Republic and has obvious influence on transport in the whole Prague. The paper points out the fact that assessing economic consequences is also associated with assessing the transport quality which can be expressed by a financial equivalent. It presents partial results of the change in traffic quality obtained from Floating Cars.

## ÚVOD

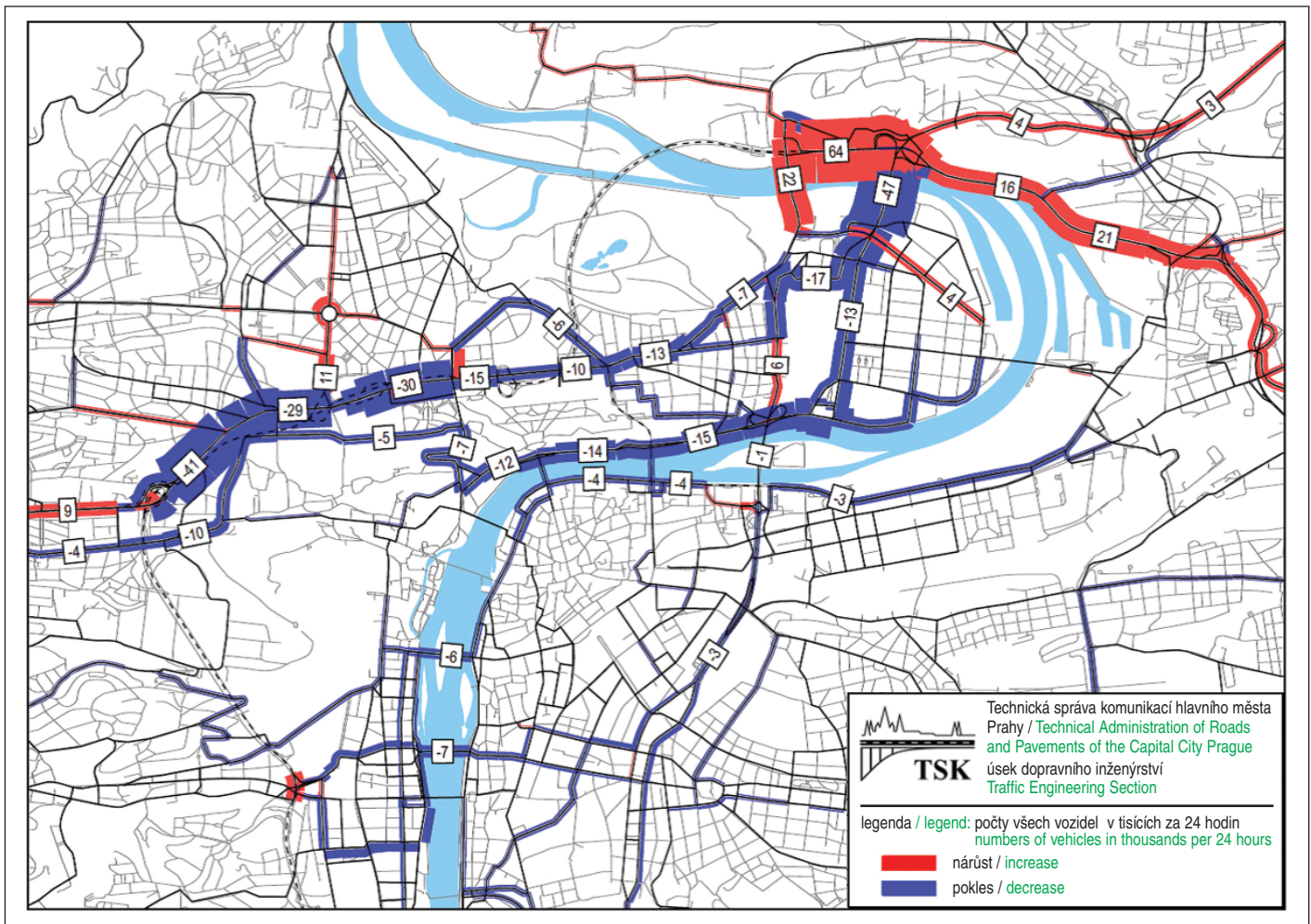
Tunelový komplex Blanka (TKB) tvoří severozápadní část Městského okruhu (MO) o celkové délce cca 7 km, délka samotné tunelové části dosahuje 5,5 km. TKB je členěn v pořadí, od již provozované západní části Městského okruhu, na tunel Brusnický (1,4 km), tunel Dejvický (1 km) a tunel Bubenečský (3,1 km). Celková provozovaná část Městského okruhu má dnes délku cca 17 km. Stavbě byla věnována velká pozornost i v časopisu Tunel, například v lit. [1] a [2].

Celá jižní část Městského okruhu, od budoucí mimoúrovňové křižovatky Rybníčky, až po Barrandovský most, je dnes nejzatíženější trasou v Praze. Nejvyšší intenzita dopravy v Praze byla změřena na Barrandovském mostě v roce 2013. Jednalo se o 135 tisíc vozidel za průměrný pracovní den. Západní část Městského okruhu začíná na levobřežní křižovatce Barrandovského mostu s ulicí Strakonickou, pokračuje ulicí Dobříšskou, která se zanořuje do krátkého tunelu Zlíčovského (196 m) a dále vede tunely Mrázovka a Strahovský. Tunel Mrázovka délky 1300 m, se svým doposud největším raženým profilem tunelu u nás, patří do kategorie tunelů s nízkým nadloží a navíc raženým pod zástavbou. Ražení tunelu bylo velmi složité kvůli nesmírně obtížným geologickým poměrům. Po výjezdu ze severního portálu Mrázovky a mimoúrovňovém křížení se vjíždí do Strahovského tunelu dlouhého 2004 m. Až do otevření Bubenečského tunelu byl Strahovský tunel první a nejdelší stavbou tohoto druhu v České republice. Tunel byl uveden do provozu v prosinci 1997. Původně bylo plánováno postavit po etapách celkem tři tubusy, zatím byly dokončeny dva (západní a střední) a dostavba východního, z něhož je postaven pouze severní a jižní hloubený rozplet, se prozatím neplánuje. Stavba byla zahájena v roce 1985 a tunel byl otevřen v listopadu 1997.

## INTRODUCTION

The complex of tunnels Blanka (the CTB) forms the north-western part of the City Circle Road (CCR) (the inner circle) with the aggregate length of ca 7km; the length of the tunnelled part itself reaches 5.5km. The CTB is divided (viewed from the already operating western part of the City Circle Road) into the Brusnice tunnel (1.4km), the Dejvice tunnel (1km) and the Bubeneč tunnel (3.1km). The overall operating part of the City Circle Road is today ca 17km long. The project was dedicated great attention even in TUNEL journal, for example Ref. [1] and [2].

The entire southern part of the City Circle Road, starting from the future Rybníčky interchange and running up to the Barrandov Bridge, is today the most loaded transport route in Prague. The highest traffic flow volume in Prague was measured on the Barrandov Bridge in 2013 – 135 thousand vehicles per a common working day. The western part of the City Circle Road starts at the left-bank intersection of the Barrandov Bridge with Strakonická Street, continues along Dobříšská Street, which plunges into the short Zlíčov tunnel (196m) and leads further through the Mrázovka and Strahov tunnels. The 1300m long Mrázovka tunnel with its till now largest mined tunnel profile in the Czech Republic belongs to the category of tunnels with a low overburden, in addition driven under existing buildings. The tunnel excavation was very complicated owing to very complex geological conditions. After exiting the northern portal of the Mrázovka tunnel and a grade-separated intersection, the roadway enters the 2004m long Strahov tunnel. The Strahov tunnel was the first and longest structure of this kind in the Czech Republic until the opening of the Bubeneč tunnel to traffic. The Strahov



Obr. 1 Model dopadu zprovoznění tunelového komplexu „Blanka“ z roku 2014 na intenzity dopravy; modrou barvou vyznačen poměrný pokles intenzit, červenou naopak navýšení intenzity

zdroj / source: TSK hl. m. Prahy

Fig. 1 Model of the impact of opening the Blanka complex of tunnels to traffic from 2014 on the traffic flow volume; the relative decrease in the volumes marked in blue, whilst the increase in red

Tunelový komplex Blanka byl uveden do provozu 19. září 2015 a samozřejmě výrazně ovlivnil kvalitu dopravy, a to nejenom v rozsáhlé oblasti Holešovic, Letná a Dejvic, ale jeho vliv se projevuje i na jižních, západních a severních trasách. V tomto článku jsou uvedeny přehledně první výsledky kvantitativního ohodnocování dopravy využívající dat z plovoucích vozidel.

## PREDIKČNÍ MODEL INTENZIT DOPRAVY

Dopady budoucího zprovoznění severozápadní části Městského okruhu na zatížení komunikační sítě prověřovala Technická správa komunikací hl. m. Prahy (TSK) dopravním modelem, a to v různých časových horizontech, etapách realizace dalších komunikací a variantách dalších doprovodných opatření. Na obr. 1 jsou znázorněny očekávané dopady na intenzitu dopravy bezprostředně po uvedení TKB do provozu. V uvedeném výpočtu nejsou zahrnuty další související stavby nadřazené komunikační sítě, jako například pokračování Městského okruhu z Pelc-Tyrolky na Balabenku nebo severozápadní část Pražského okruhu. Po dokončení těchto staveb se přínosy Městského okruhu ještě podstatněji zvýrazní. Dále nejsou zahrnuty výraznější zásahy do komunikační sítě v centru.

V hlavní trase TKB se očekávala intenzita kolem 80 tisíc vozidel za den (obousměrně). Dále se očekávalo zvýšení intenzity ve Strahovském tunelu o cca 13 tisíc vozidel. Obecně model předpokládá snížení dopravní zátěže v rozsáhlé obytné oblasti Holešovic a Letná s přesahem do centrální oblasti, včetně snížení tlaku na klíčové křižovatky, jako je Klárov, Letenské

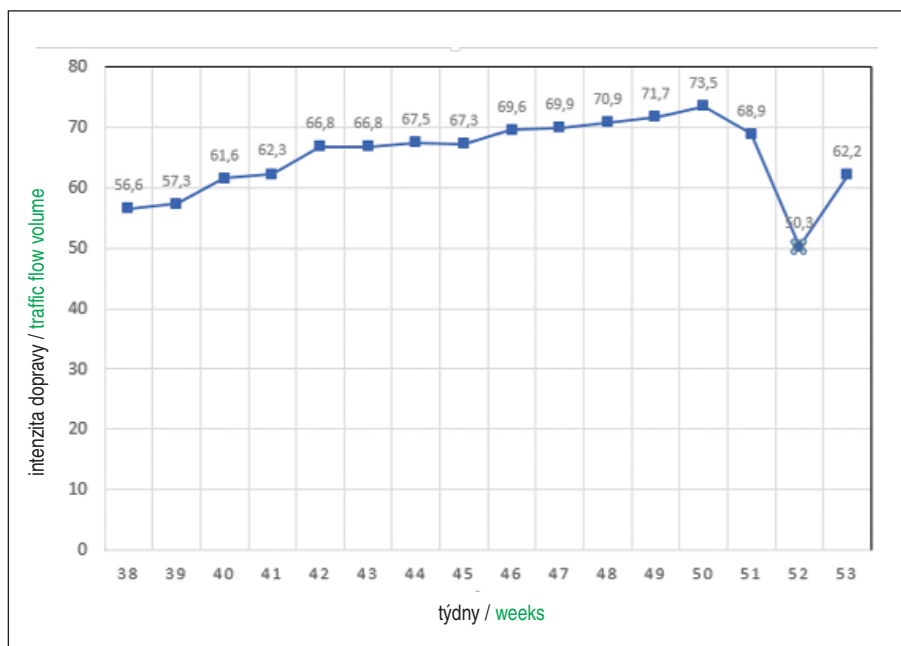
tunnel was inaugurated in December 1997. Three tunnel tubes were originally planned to be built at three stages. Two tubes have been completed till now (the western and medium ones), whilst the addition of the eastern tube, of which only the northern and southern cut-and-cover bifurcations have been carried out, is not planned for the time being. The construction started in 1985 and the tunnel was inaugurated in 1997.

The Blanka complex of tunnels was opened to traffic on 19<sup>th</sup> September 2015 and, naturally, significantly affected the quality of traffic not only in the large area of Holešovice, Letná and Dejvice. Its influence manifests itself even on the southern, western and northern routes. This paper presents the initial results of the quantitative assessment of traffic using data from Floating Cars.

## TRAFFIC FLOW VOLUME PREDICTIVE MODEL

The consequences of the future putting the north-western part of the City Circle Road into service for the loads on the road network were verified by TSK (the Technical Administration of Roads and Pavements) of the Capital City Prague using a traffic model, in various time horizons, stages of the realisation of other roads and variants of other accompanying measures. The anticipated consequences for the traffic volume immediately after the CTB opening to traffic are presented in Fig. 1. Other associated structures of the higher-ranking road network, for example the continuation of the City Circle Road from Pelc-Tyrolka to Balabenka or the north-western part of the Prague





Obr. 2 Vývoj intenzit dopravy v TKB

Fig. 2 Development of traffic flows in the CTB

zdroj / source: www.tunelblanka.info

nám., Argentinská/Plynární apod. Výpočet zohledňoval i částečné využití uvolněné kapacity jinými vztahy. Například model predikoval vyšší využití severovýchodního objezdu centra ve stopě Veletržní – jižní část Bubenské – Hlávkův most – Wilsonova, což je pro dopravní obsluhu centra jistě pozitivní, i když to efekt snížení intenzit na holešovické straně do určité míry zmenšuje.

Kvůli nedokončené části Městského okruhu u severního vyústění TKB se předpokládal významný nárůst dopravy v ul. Povltavská a mírnější v ul. V Holešovičkách. Bylo evidentní, že naroste doprava na některých příjezdových komunikacích, jako například ke Strahovskému tunelu, v Patočkově západně od Malovanky, Svatovítské, Generála Píky, Povltavské východně od Pelc-Tyrolky, Čuprově, Strakonické a i na dalších komunikacích. Dopravní model zpracovaný v roce 2014 poměrně přesně předpověděl změny v dopravě vyvolané zprovozněním TKB.

## VÝVOJ INTENZIT DOPRAVY NA ULIČNÍ SÍTI

Měření intenzity dopravy na vybraných řezech komunikací v Praze je po otevření tunelů věnována velká pozornost. Řadu základních informací lze získat na [www.tunelblanka.info](http://www.tunelblanka.info). Jak se vyvíjely maximální intenzity v TKB v jednotlivých týdnech po uvedení do provozu ukazuje obr. 2; 38. týden byl první pracovní týden po otevření Blanky v sobotu 19. září 2015. Poslední týdenní záznam je z prvního lednového týdne. Je vidět, že maximální intenzity mají trend se dostat k modelovým 80 000 voz/den. V grafech lze najít jednotlivé dny. Například v době státního svátku 28. října klesly intenzity na 49,8 tisíce a vůbec nejnižší byly na Nový rok 2016, a to 24,8 tisíce vozidel.

TSK vyhodnocuje pomocí stacionárních detektorů situovaných v uliční síti intenzity dopravy. Změny v intenzitách za 24 hodin a vždy pro oba směry jsou v tab. 1.

## KLASICKÝ PŘÍSTUP K HODNOCENÍ KVALITY DOPRAVY

Pojem kvalita dopravy se vztahuje na dopravní tok. Dopravní tok (Traffic Flow) je v dopravním inženýrství pojímán jako tok hmotných entit, které vzájemně interagují a interagují i s infrastrukturou, po které se pohybují. Základní představou je, že tuto entitu tvoří silniční vozidla. Mezi pohybující se entity se ale řadí i cyklisté a chodci.

City Ring Road (the outer circle), are not contained in the above-mentioned analysis. The benefits of the City Circle Road will be further accentuated when these structures are completed. In addition, more significant interventions into the road network in the centre are not included.

The traffic flow volume around 80 thousand vehicles per day (in both directions) was expected on the main route of the Blanka complex of tunnels. In addition, an increase in the traffic flow through the Strahov tunnel by ca 13 thousand vehicles was expected. In general, the model assumed the reduction in the volume of traffic in the extensive residential area of Holešovice and Letná with an overlap to the central area, including the reduction in the pressure on critical intersections, such as Klárov, Letná Square, Argentinská/Plynární etc. The analysis even took into account the partial use of the released capacity by other relationships. For example, the model predicted higher use of the north-eastern

bypass of the centre along Veletržní Street – southern part of Bubenská Street – the Hlávkův Bridge – Wilsonova Street, which is certainly positive for resident traffic in the centre, even though it diminishes the effect of reducing traffic flow volumes on the Holešovice side to a certain degree.

Owing to the not-completed part of the City Circle Road at the mouth of the Blanka tunnel, significant increase in the traffic flow volume was expected on Povltavská Street and, smaller, on V Holešovičkách Street. It was evident that traffic flow volume will grow on some access roads, such as, for example, to the Strahov tunnel, on Patočkova Street west of Malovanka, Svatovítská Street, Generála Píky Street, Povltavská Street east of Pelc-Tyrolka, Čuprova Street, Strakonická Street and even other roads. The traffic model which was developed in 2014 predicted changes in traffic induced by putting the TCB into service relatively exactly.

## DEVELOPMENT OF TRAFFIC VOLUMES ON THE STREET NETWORK

Measuring the traffic flow volume on selected cross sections of roads in Prague has been dedicated great attention after opening the tunnels to traffic. A lot of basic information can be obtained on [www.tunelblanka.info](http://www.tunelblanka.info). How the maximum traffic flow volumes in the TCB developed in individual weeks after opening the tunnels to traffic is presented in Fig. 2; the 38<sup>th</sup> week was the first working week after the Blanka complex of tunnels inauguration on Saturday the 19<sup>th</sup> September 2015. The last weekly record is from the first week of January. It is obvious that the maximum traffic flow volumes have a trend towards getting to the model flow of 80,000 vehicles per day. Individual days can be found in the graphs. For example, during the state holiday on 28<sup>th</sup> October the traffic flow volumes dropped to 49.8 thousand and the lowest flows of 24.8 thousand vehicles per day were recorded at the New Year 2016.

The company of TSK evaluates traffic flow volumes using stationary detectors located on the street network. Changes in traffic flow volumes during 24 hours and always for both directions are presented in Table 1.

Tab. 1 Změny v intenzitách dopravy mezi jarem 2015 a měřením ve čtvrtek 10. 12. 2015 (dopravní omezení na Nuselském mostě)  
Table 1 Changes in traffic flow volumes between the Spring of 2015 and the measurement conducted on Thursday the 10<sup>th</sup> December 2015 (traffic restriction on the Nusle Bridge)

zdroj / source: TSK hl. m. Prahy

úsek section	jaro 2015 Spring 2015	10. 12. 2015 10/ 12/2015
Tunel Mrázovka (severní portál – odbočka Radlická)	50,8	74,8
Mrázovka tunnel (northern portal – Radlická Street branch)	50.8	74.8
Dobříšská (tunel Mrázovka – Strakonická)	77,2	83,4
Dobříšská Street (Mrázovka tunnel – Strakonická Street)	77.2	83.4
Jugosl. partyzánů (Vítězné náměstí – Zelená)	14,3	16,5
Jugosl. Partyzánů Street (Vítězné Náměstí Square – Zelená Street)	14.3	16.5
Evropská (Šárecká – U Hadovky)	30,3	30,3
Evropská Street (Šárecká Street – U Hadovky Street)	30.3	30.3
Patočková (Pod Královkou – Pod Drinopolem)	30,2	43
Patočková Street (Pod Královkou Street – Pod Drinopolem Street)	30.2	43
Nuselský most	80,3	73,2
Nusle Bridge	80.3	73.2
Resslova (Karlovo nám. – Jiráskovo nám.)	34,9	35,7
Resslova Street (Karlovo Nám. Square – Jiráskovo Nám. Square)	34.9	35.7
Nábřeží L. Svobody (Nové Mlýny – Klimentská)	37,4	36,8
L. Svobody Embankment (Nové Mlýny Street – Klimentská Street)	37.4	36.8
Nábřeží Kpt. Jaroše (Duk. hrdinů – Letenský tunel)	32,6	25,7
Kpt. Jaroše Embankment (Duk. Hrdinů Street – Letná tunnel)	32.6	25.7
Letenský tunel	18,3	18,2
Letná tunnel	18.3	18.2
Argentinská (Dělnická – Plynární)	52,3	45,5
Argentinská Street (Dělnická Street – Plynární Street)	52.3	45.5
V Holešovičkách (Pelc-Tyrolka – Vychovatelna)	68	81,8
V Holešovičkách Street (Pelc-Tyrolka – Vychovatelna )	68	81.8
Veletržní (Strojnická – Kamenická)	35,3	23
Veletržní Street (Strojnická Street – Kamenická Street)	35.3	23

Jednou z možností, jak popsat kvalitu dopravy, je její klasifikování podle předem dohodnutých zásad. Kvalita dopravy LOS (Level Of Service) je vyjadřována na ordinální stupnici jako písmeno či číslo, které souvisí i se subjektivním vnímáním. V našich podmínkách rozeznáváme stupně 1 až 5. Například stupeň 1 znamená, že se po komunikacích pohybují jednotlivá vozidla dovolenou rychlostí a jízda je zcela plynulá, na rozdíl od stupně 3, kdy se po komunikacích pohybují proudy vozidel, provoz je plynulý, ale vyznačuje se sníženou rychlostí, která již v žádném úseku nedosahuje stanoveného rychlostního limitu. Při stupni 5 na komunikacích stojí nebo se jen pomalu pohybují kolony vozidel.

Intenzita dopravy  $q$  [voz/ $\Delta T$ ] sama o sobě neříká mnoho o kvalitě dopravy, která je rozhodující, pokud chceme hodnotit finanční efekt stavby z dopravního hlediska. Na obr. 3 je znázorněn denní průběh intenzity a rychlosti dopravního detektoru v ulici K Barrandovu, z něhož lze odečíst, že variace intenzity dopravy má obvyklý průběh. Kolem osmé hodiny se však výrazně zhoršila kvalita dopravy, což se projevilo snížením rychlosti na cca 30 km.h<sup>-1</sup> a vozidla popojížděla v kolonách. Principiálně tedy nemá samotná intenzita vypovídací schopnost o kvalitě dopravy, a tím i ceně za přepravu, protože nízká může být ze dvou příčin – je noc a v daném řezu jede málo vozidel, nebo je nízká proto, že vozidla popojíždějí v kolonách.

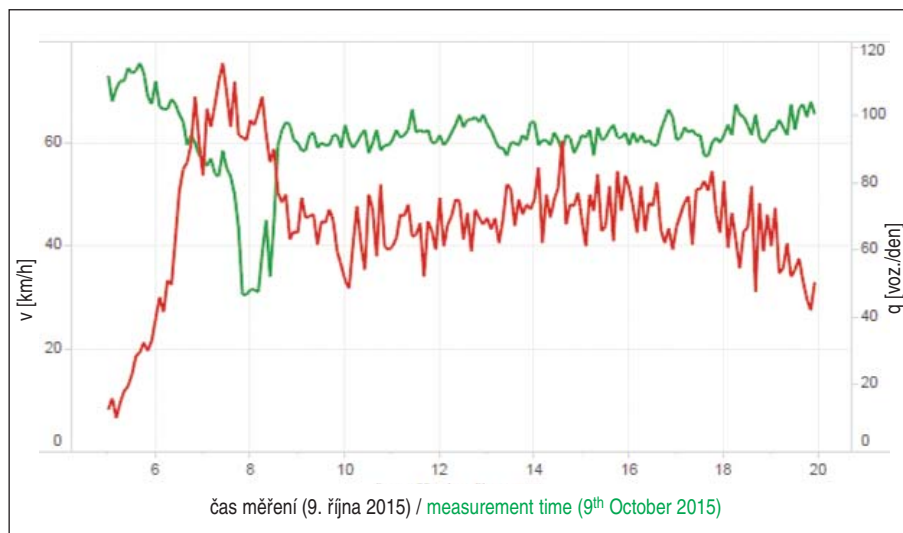
## CLASSICAL ATTITUDE TOWARD TRAFFIC QUALITY ASSESSMENT

The term quality is related to traffic flow. Traffic Flow is understood in transport engineering as a flow of material entities mutually interacting and interacting even with the infrastructure on which they move. The basic idea is that this entity is formed by road vehicles. Even cyclists and pedestrians belong among moving entities.

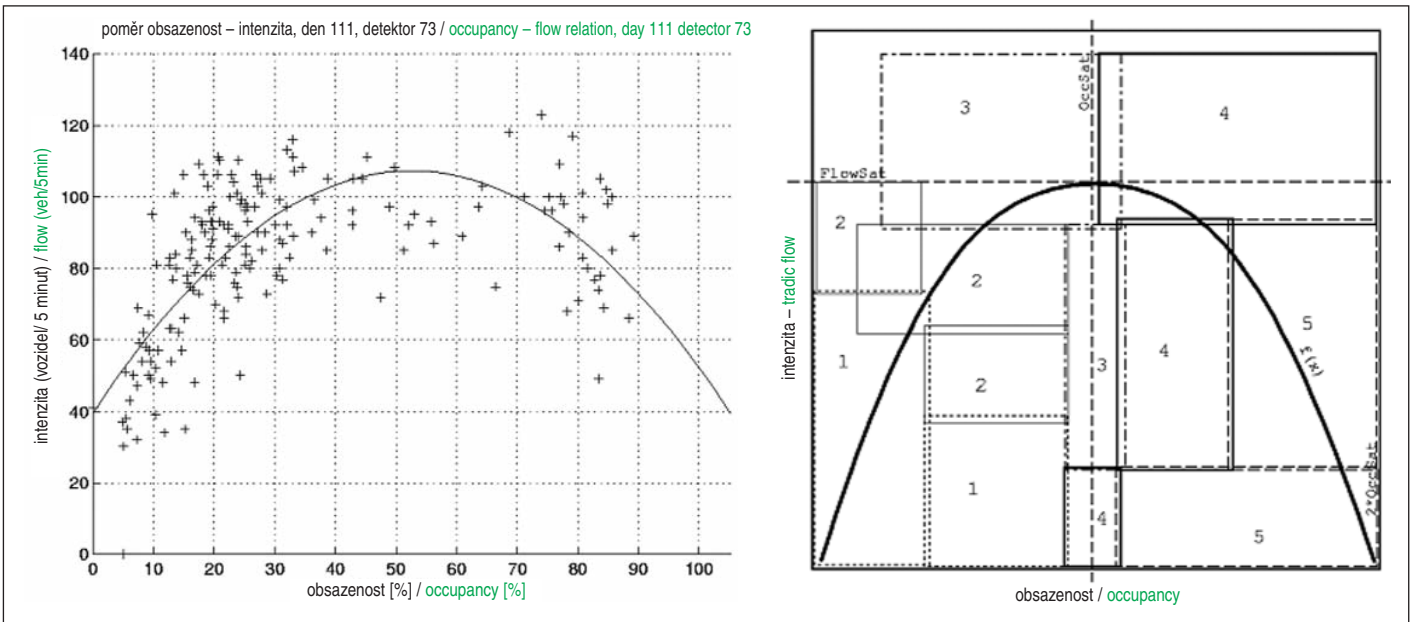
One of the possibilities how the traffic quality can be described is classifying it according to in advance agreed principles. The quality of traffic, the LOS (Level of Service), is expressed on an ordinal scale as a letter or a figure associated with subjective perception. In Czech Republic's conditions, we distinguish degrees 1 to 5. For example, degree 1 means that individual vehicles move along roads at the permitted velocity and riding is perfectly fluent, in contrast with degree 3, where columns of

vehicles move along roads, the operation is fluent but is characterised by reduced velocity which reaches the velocity limit on none of roads. At degree 5, columns of vehicles are stationary on roads or they move very slowly.

Traffic volume  $q$  [vehicle/ $\Delta T$ ] itself does not say much about traffic quality, which is crucial if we want to assess the financial effect of a structure in terms of transport. In Fig. 3 we can see the daily course of traffic flow and velocity measured by a detector on K Barrandovu Street. It is possible to read from it that the course of the traffic flow variation is usual. About 8:00 a.m. the traffic quality significantly deteriorated, which fact



Obr. 3 Detektor 31 ul. K Barrandovu: intenzita (červeně), rychlost (zeleně)  
Fig. 3 Detector 31 on K Barrandovu Street: traffic flow volume (red), velocity (green)



Obr. 4 Změřené parametry ( $q, \kappa$ ) v diagramu Intenzita-obsazenost proložené křivkou 2. řádu (vlevo); heuristicky stanovené meze klasifikátoru (vpravo)  
 Fig. 4 Measured parameters ( $q, \kappa$ ) in the volume-occupancy diagram with a second order curve (left side) inset through the points; heuristically determined classifier limits (right side)

Proto musí být pro hodnocení kvality dopravy měřeny nejméně dva parametry – intenzita  $q$  [voz/ $\Delta T$ ] a rychlost  $v$  [km.h<sup>-1</sup>]. Případně lze místo rychlosti využít obsazenost detektoru  $\kappa$  [%], vyjadřující procentní podíl času, který strávila vozidla nad detektorem. Na základě časových řad intenzity a rychlosti se provede kvalitativní transformace číselných hodnot na stupně dopravy. Tuto transformaci symbolicky vyjadřuje vztah:

$$\begin{matrix} q_r \\ v_r \end{matrix} \Big| \xrightarrow{\oplus} LOS \langle 1,5 \rangle . \quad (1)$$



Obr. 5 Trasy plovoucích vozidel „Magistrála“ (červená), „Tunely“ (modrá) a „Jižní spojka“ (zelená)  
 Fig. 5 Routes of Floating Cars „Magistrála“ (red), „Tunely“ (blue), „Jižní spojka“ (green)

manifested itself by reduction in the velocity to ca 30km.h<sup>-1</sup> and in vehicles inching in columns. In principle the traffic flow itself has no explanatory power regarding traffic quality and thus has no explanatory power about the cost of transport. The reason is that it can be low for two reasons – either it is the night-time and only few vehicles drive through the particular cross section or vehicles are inching in columns.

For that reason measuring at least two parameters is necessary for assessing traffic quality – traffic volume  $q$  [vehicle/ $\Delta T$ ] and velocity  $v$  [km.h<sup>-1</sup>]. Where appropriate it is possible to use the detector occupancy  $\kappa$  [%] instead of velocity. It expresses the percentage of the time which vehicles spent above the detector. Qualitative transformation of numerical values to traffic degrees is carried out on the basis of time series of traffic volume and velocity. This transformation is symbolically expressed by the following relationship:

$$\begin{matrix} q_r \\ v_r \end{matrix} \Big| \xrightarrow{\oplus} LOS \langle 1,5 \rangle . \quad \text{equation 1}$$

The picture of traffic expressed in the classified values is mostly obtained by the subjective assessment of a traffic situation and expressing it on a 1 to 5 scale. An example of an automatically working classifier is presented in the text below. It is based on the knowledge of five-minute traffic flow volume  $q$  and the percentage of loading of the detector  $\kappa$ . Individual five-minute measurements are illustrated by crosses in the 2D intensity-loading diagram (see Fig. 4 left).

Measured points have to be approximated by means of a second degree polynomial curve:

$$y = a + bx + cx^2 . \quad \text{equation 2}$$

The values of coefficients  $a, b$  and  $c$  can be calculated on the basis of the solution to a system of three equations with three unknowns, in this way it is possible to inset a second order regression curve through the measured points. The first derivative of this curve is an important parameter for the calibration of boundaries of the classifier. The zero derivative corresponds to a local extreme of the function, thus also to saturated traffic flow in the location of the measurement, which means that the road is on the limit of the capacity which it was designed for.



Tab. 2 Doby jízdy trasou „Magistrála“ před a po otevření TKB  
 Table 2 Times of journeys along the „Magistrála“ route before and after opening the CTB to traffic

PŘED OTEVŘENÍM / BEFORE OPENING	trasa „Magistrála“ jih / „Magistrála“ south route	trasa „Magistrála“ sever / „Magistrála“ north route
termín, čas / date/time	17.–25. 6. ranní špička / morning rush hour	17.–25. 6. odpolední špička / afternoon rush hour
počet jízd / number of journeys	5	5
průměrná doba jízdy [min] / average travel time [min]	34:08	25:02
směrodatná odchylka [min] / standard deviation [min]	3:73	2:17
PO OTEVŘENÍ / AFTER OPENING	trasa „Magistrála“ jih / „Magistrála“ south route	trasa „Magistrála“ jih / „Magistrála“ south route
termín, čas / date/time	3.–12. 11. ranní špička / morning rush hour	17.–25. 6. odpolední špička / afternoon rush hour
počet jízd / number of journeys	9	7
průměrná doba jízdy [min] / average travel time [min]	25:06	29:56
směrodatná odchylka [min] / standard deviation [min]	3:29	6:07
PO OTEVŘENÍ / AFTER OPENING	trasa „Magistrála“ sever / „Magistrála“ north route	trasa „Magistrála“ sever / „Magistrála“ north route
termín, čas / date/time	3.–12. 11. ranní špička / morning rush hour	3.–12. 11. odpolední špička / afternoon rush hour
počet jízd / number of journeys	9	8
průměrná doba jízdy [min] / average travel time [min]	24:34	22:47
směrodatná odchylka [min] / standard deviation [min]	7:11	2:59

Obraz dopravy vyjádřený v klasifikovaných hodnotách se získává většinou subjektivním posouzením dopravní situace a vyjádřením ve stupnici 1 až 5. Příklad automaticky pracujícího klasifikátoru je uveden v dalším textu. Vychází ze znalosti pětiminutových intenzit dopravního proudu  $q$  a procentuální zatíženosti detektoru  $\kappa$ . Jednotlivá pětiminutová měření jsou ve 2D diagramu intenzita-obsazenost znázorněny křížky, obr. 4 (vlevo).

Změřené body je nutné aproximovat polynomickou křivkou druhého řádu:

$$y = a + bx + cx^2. \quad (2)$$

Na základě řešení soustavy rovnic pro tři neznámé lze vypočítat hodnoty koeficientů  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , a tím lze měřenými body položit regresní křivku druhého řádu. Pro kalibraci hranic klasifikátoru je důležitým parametrem první derivace této křivky. Nulová derivace odpovídá lokálnímu extrému funkce a tím i saturovanému dopravnímu toku v místě měření, tzn., že komunikace je na mezi své kapacity, na kterou byla projektována.

V dalším kroku vývoje automatizované klasifikace dopravního proudu bylo nutné stanovit meze pro jednotlivé stupně dopravy, přičemž se vyšlo z klasifikace do stupňů 1 až 5 tak, jak je obvyklé v České republice. K tomu byl realizován experiment, kdy dopravní odborník z Policie ČR klasifikoval subjektivně dopravu ze záznamu na monitoru. Každé jeho rozhodnutí bylo zaznamenáváno a současně porovnávalo s příslušnými objektivními údaji intenzity a obsazenosti měřenými detektory. Výsledky experimentu sloužily pro heuristickou kalibraci klasifikátoru. Na obr. 4 (vpravo) jsou vyznačeny oblasti definující příslušné stupně dopravy.

Uvedený způsob klasifikace dopravy vyžaduje systémové měření v místech, kde nejsou kongesce vyvolány dopravními

In the next step of the development of the automated classification of traffic flow it was necessary to determine limits for individual traffic degrees. The categorisation into degrees 1 to 5 which is customary in the Czech Republic was used as a basis. For that reason, an experiment was conducted where a traffic expert of the Police of the CR classified traffic subjectively from a record on a screen. Each of his decisions was recorded and, at the same time, compared to respective objective data on the intensity and occupancy measured by detectors. The experiment results were used for heuristic calibration of the classifier. The areas defining respective traffic degrees are marked in Fig. 4 (right).

The above-mentioned method of traffic classification requires systematic measurements in locations where congestions are not induced by traffic measures, such as the influence of nearby traffic light signals (the TLS). During the past years, the City of Prague has invested into the so-called strategic detectors within the framework of the Operational Programme Transport. Owing to this fact, 108 detectors measuring at least two traffic parameters are installed in strategic locations of the network. At the moment the mathematical machinery for the objectification of traffic classification by means of the LOS assessment is under preparation. For that reason it is necessary to use other modern means allowing for comparing traffic quality before and after opening the CTB to traffic. The travel time of the Floating Car (the FC) is the parameter which will allow it.

#### FLOATING CARS AND TRAFFIC OR THE GLOBAL PACKET RADIO SERVICE (GPRS) QUALITY ASSESSMENT

The Floating Car is a car equipped with the Global Navigation Satellite System (the GNSS) and its location is



Obr. 6 Okamžité hodnoty rychlosti na trase „Magistrála“  
Fig. 6 Immediate values of velocity on the „Magistrála“ route

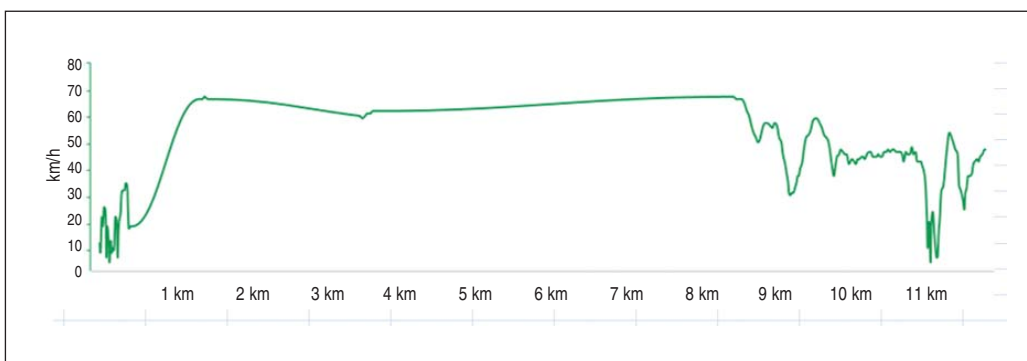
opatřeními, jako například vlivem blízkého světelně-signalizačního zařízení (SSZ). HI. m. Praha investovalo v minulých letech do tzv. strategických detektorů v rámci Operačního programu doprava. Díky tomu je na strategických místech sítě instalováno 108 detektorů měřících nejméně dva dopravní parametry. V současné době se matematický aparát pro objektivizaci klasifikace dopravy vyhodnocováním LOS teprve připravuje, a proto bylo nutné využít jiných moderních prostředků umožňujících komparovat kvalitu dopravy před a po uvedení TKB do provozu. Parametrem, který toto umožní, jsou doby jízdy plovoucího vozidla (FC – Floating Car).

#### PLOVOUCÍ VOZIDLA A HODNOCENÍ KVALITY DOPRAVY

Plovoucí vozidlo je vozidlo vybavené satelitním pozičním systémem GNSS a jeho pozice je buď on-line přenášena do centra komunikačním kanálem GSM/GPRS, nebo je zaznamenávána do paměti a vyhodnocována off-line. Takto vybavených vozidel jsou desetitisíce a převážně slouží firmám pro monitorování pohybu jejich vozidel, například pro optimalizaci servisních zásahů, či logistiky. Využití monitorování dopravy pomocí FC pro liniové řízení dopravy je popsáno v [3], v lit. [4] se FC využívají pro monitorování kongescí a šíření informací pro řidiče pomocí různých informačních systémů. Využití odhadů kvality dopravy pro zlepšení veřejné dopravy s využitím FC je ve [5].

Iniciativa monitorovat doby jízdy z bodu A do B v souvislosti s přípravou otevření TKB vznikla na Fakultě dopravní ČVUT již v létě 2015. V této souvislosti jezdila vozidla vybavená GPS mezi zdrojem a cílem v ulici Za ženskými domovy do zdroje/cíle v ul. Bulovka/Zenklova. Jezdilo se třemi trasami nazvanými „Magistrála“, „Veletřní“ a „Tunely“. Výsledky byly publikovány v [6].

Další rozsáhlý experiment proběhl po otevření TKB, mezi 3. a 12. listopadem 2015, kdy bylo realizováno 54 jízd se stejným zdrojem a cílem po trase „Magistrála“ (červená), „Tunely“ (modrá) a navíc oběma směry mezi portálem Mrázovky



Obr. 7 Okamžité hodnoty rychlosti na trase „Tunely“  
Fig. 7 Immediate values of velocity on the „Tunely“ route

transmitted on-line to the centre through the Global System for Satellite Communications (GSM) or the General Packet Radio Service (the GPRS) or is stored into memory and assessed off-line. There are tens of thousands of cars equipped in this way. They are mostly used by companies for monitoring the movement of their vehicles, for example for the optimisation of service interventions or for logistics.

The use of monitoring traffic by means of the FC for linear control of traffic is described in [3]; in Ref. [4], FCs are used for monitoring congestions and disseminating information for drivers by means of various information systems. The use of traffic quality estimations for improving public transport using FCs is in [5].

The initiative to monitor the duration of journeys from point A to point B in the context of the preparation of opening the CTB to traffic originated at the Faculty of Transportation Sciences of the Czech Technical University in Prague as long ago as the summer of 2015. In this context cars equipped with the GPS drove between the source and aim on Za Ženskými Domovy Street to the source/aim on Bulovka/Zenklova Streets. Three routes named „Magistrála“ (Main Thoroughfare), „Veletřní“ (Veletřní Street) and „Tunely“ (Tunnels) were driven on.

Another extensive experiment took place after the opening of the CTB to traffic, between the 3<sup>rd</sup> and 12<sup>th</sup> November 2015, when 54 journeys with identical source and aim were realised along the „Magistrála“ (red), „Tunely“ (blue) routes and, in addition, bidirectionally between the Mrázovka tunnel portal and the intersection between the Southern Connection Road and Ul. 5. Května Street (green) (see Fig. 5). The results comparing the journeys before and after the CTB opening to traffic are presented in Table 2.

It is obvious from the Table 3 that after opening the CTB to traffic the time of travel along the „Magistrála“ route during the morning rush hour in the direction from the north to the south the travel time was reduced from 34 minutes to 25 minutes. This fact is related to a part of the 40 thousand vehicles on this route (see Table 1). These are significant savings in time, therefore also in money. Under the assumption that the distribution is normal, 68% of vehicles arrive within the  $\pm 3$  minute interval. During the measurements even excesses happened, where the 33:50 minute travel time was measured on 12<sup>th</sup> November. During the journey to the north during the afternoon rush hour the travel time dropped by ca 3 minutes and the standard deviation is slightly lower.

Another change is related to the stabilisation of travel times. Before the CTB opening to traffic the journey to the south and north took 34 minutes and 25 minutes on average, respectively. After opening it, the travel times during the morning and afternoon rush hours are very similar 25:06/29:56 minutes for the southern direction and

Tab. 3 Stejný zdroj/cíl – Bulovka/Radlická a doby jízdy v obou směrech a v ranní i odpolední špičce

Table 3 Identical source/aim - Bulovka/Radlická Street and travel times in both directions and during both the morning and afternoon rush hours

	trasa „Tunely“ jih / „Tunely“ south route	trasa „Tunely“ jih / „Tunely“ south route
termín, čas / date/time	3.–12. 11. ranní špička / morning rush hour	4.–12. 11. odpolední špička / afternoon rush hour
počet jízd / number of journeys	6	5
průměrná doba jízdy [min] / average travel time [min]	16:14	14:50
směrodatná odchylka [min] / standard deviation [min]	2:21	1:59
	trasa „Tunely“ sever / „Tunely“ north route	trasa „Tunely“ sever / „Tunely“ north route
termín, čas / date/time	3.–12. 11. ranní špička / morning rush hour	4.–12. 11. odpolední špička / afternoon rush hour
počet jízd / number of journeys	6	5
průměrná doba jízdy [min] / average travel time [min]	14:09	13:30
směrodatná odchylka [min] / standard deviation [min]	2:06	1:32

a křížení Jižní spojky s Ul. 5. května (zelená) (obr. 5). Výsledky porovnávající jízdy před a po otevření TKB pro trasy po povrchu jsou v tab. 2.

Z tabulky 3 je patrné, že po otevření TKB se doba jízdy trasou „Magistrála“ v ranní špičce směrem ze severu na jih zmenšila z 34 minut na 25 minut, což se týká části ze 40 tisíc vozidel na této trase, to je významná úspora času a tím i peněz. Za předpokladu, že se jedná o normální rozdělení, 68 % vozidel dojde v intervalu  $\pm 3$  minuty. Při měření se našly i excesy, kdy 12. listopadu byla doba jízdy 33:50 min. Při jízdě na sever v odpolední špičce klesla doba jízdy o cca 3 minuty a směrodatná odchylka je mírně nižší.

Další změna se týká stabilizace dob jízd. Před otevřením TKB se na jih jelo v průměru 34 minut a na sever 25 minut. Po otevření jsou v ranní i odpolední špičce doby jízdy velmi podobné 25:06/29:56 min. (jižní směr) a 24:34/22:47 min. (severní směr). Stabilnější časy znamenají i stabilizovanější dopravní proud a větší jistotu, že se dojde v očekávané a obvyklé době.

Pokud leží zdroje a cíle poblíž trasy Městského okruhu, jsou doby jízdy nesrovnatelně lepší v porovnání s povrchovými trasami. Pro výše uvedené zdroje a cíle leží doby jízdy mezi 13 a 16 minutami. Při intenzitách, které jsou nově měřeny ve Strahovském tunelu (35 tisíc v jednom směru), se opět jedná o významnou skupinu řidičů, které se zkrátí doby jízdy a stabilizuje se i rozptyl v dojezdech.

Při návrhu a i v době života tunelového díla je nutné se zabývat pojmem UDRŽITELNOST, která charakterizuje celé dílo ve vztahu k sociálním vlivům na společnost, ekologickým přínosům a ekonomické udržitelnosti [8]. Z předchozího textu je patrné, že zkrácení dob jízdy z jižního sektoru města do severního a naopak přineslo úspory času 10 až 15 minut pro několik desítek tisíc vozidel. Při odhadu obsazenosti vozidel a ceně za hodinu 300 Kč se pouhým násobením dochází k úsporám stovek tisíc denně.

Ještě zajímavější je další kategorie úspor, která souvisí s charakterem jízdy. Pokud vozidlo musí zastavovat v koloně, ztrácí kinetickou energii a pokud se chce dostat na původní rychlost, musí energii, dodat ve formě zvýšené spotřeby pohonných hmot, s čímž jsou spojené i zvýšené exhalace. Na obr. 6 je záznam rychlostí plovoucího vozidla na trase Bulovka – Radlická dne 5. 11. s počátkem v 8:30 h. Doba jízdy byla 26:35 min. Z grafu lze odečíst, kolikrát vozidlo téměř zastavilo, a že více než jeden kilometr jelo v koloně rychlostí okolo 10 km.h<sup>-1</sup>. Brzdění a znovu se

24:34/22:47 minutes for the northern direction, respectively. More stable times also mean more stabilised traffic flow and higher certainty that a vehicle arrives within the expected and usual time.

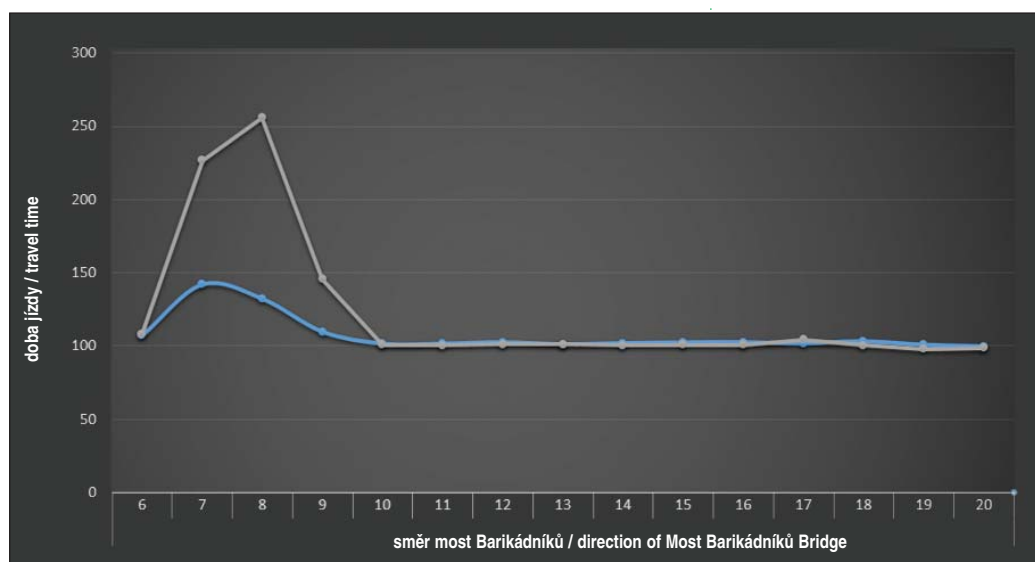
If the sources and aims lie near the City Circle Road route, the travel times are incomparably better in comparison with at-grade routes. For the above-mentioned sources and aims the journey times lie between 13 and 16 minutes. At the intensities which are newly measured in the Strahov tunnel (35 thousand in one direction) it is again a significant group of drivers for which the travel time is reduced and even the scatter in arrivals is stabilised.

It is necessary during the work on the proposal and during the tunnel structure life to deal with the term SUSTAINABILITY, which characterises the whole structure with respect to social influences on the society, environmental contributions and economic sustainability [8]. It is obvious from the preceding text that the reduction in the time of travel from the southern sector of the city to the northern sector and vice versa brought 10- to 15-minute savings in time for several tens of thousands of vehicles. At the estimation of the vehicle occupancy and the cost of one hour of CZK 300, the daily savings determined only by multiplying amount to hundreds of thousands.

Even more interesting is another category of savings related to the character of driving. If a vehicle has to stop repeatedly in a column, it loses kinetic energy and if it wants to get to the original velocity it has to supply energy in the form of increased consumption of fuels, which is associated with increased exhaust emissions. A record of the Floating Car velocity on the Bulovka – Radlická Street route on the 5<sup>th</sup> November starting at 8:30 hours is presented in Fig. 6. The travel time was 26:35 minutes. It is possible to read from the graph how many times the car nearly stopped and that it drove at the velocity about 10km.h<sup>-1</sup> more than one kilometre. Breaking and restarting does not manifest itself only in economic and environmental losses. It has a significant effect on safety. It is stated that the so-called Stop-and-Go waves are causes of eighty per cent of accidents on motorways.

A record from the Floating Car on the “Tunely” route indicates similar problems before the car gets to a tunnel and after exiting it. The Floating Car passed the nearly nine kilometre long route at an even velocity, lower than the permissible velocity. The fact that vehicles observe the permissible velocity owing to the sectional measurement of speed has already been





Obr. 8 Průběh cestovních dob v ul. V Holešovičkách směr most Barikádníků, mezi 6. a 20. hodinou (šedá – před otevřením TKB; modrá – po otevření)

Fig. 8 The course of travel times on V Holešovičkách Street in the direction of Most Barikádníků Bridge between 6:00 a.m. and 8:00 p.m. (grey – before the CTB opening; blue – after opening)

rozjždění se neprojevuje jen v ekonomických a ekologických ztrátách, ale má velký vliv na bezpečnost. Udává se, že tzv. Stop-and-Go vlny jsou příčinou osmdesáti procent nehod na dálnicích.

Záznam z plovoucího vozidla na trase „Tunely“ ukazuje podobné problémy, než se vozidlo dostane do tunelu a po výjezdu. Celou trasu v tunelech o délce téměř devíti kilometrů projelo plovoucí vozidlo rovnoměrnou rychlostí, nižší než je povolená rychlost. To, že vozidla dodržují povolenou rychlost, díky úsekovému měření rychlosti, bylo již v časopise Tunel publikováno [10].

## FLOTILA VOZIDEL A VYHODNOCENÍ KVALITY DOPRAVY

V rámci testů, které byly prováděny v režii Fakulty dopravní, bylo najeto cca 900 km po výše uvedených trasách. Pro komplexnější vyhodnocování dopravy v kontextu celého města je velmi vhodné využití velké flotily plovoucích vozidel. K tomuto účelu byla fakultě poskytnuta data získávaná v projektu RODOS. Centrum RODOS tvoří tři největší technické vysoké školy v ČR, jedna veřejná výzkumná instituce a šest podniků. Centrum je financováno programem Technologické agentury ČR na podporu rozvoje dlouhodobé spolupráce ve výzkumu, vývoji a inovacích mezi veřejným a soukromým sektorem „Centra kompetence“ a spolufinancováno partnery centra. V rámci celorepublikového projektu jsou získávána dopravní data téměř ze 150 tisíc vozidel (poloha, rychlost, doba jízdy).

V současné době jsou k dispozici velké soubory dat plovoucích vozidel udávající doby jízdy v různých segmentech dopravní sítě v Praze. Společnost CE-Traffic, a. s., je předzpracovala a poskytla Fakultě dopravní. Doba jízdy je jedním ze základních komparačních podkladů, kdy lze přímo hodnotit přínos díla ve finančním ekvivalentu. Vzhledem k tomu, že se jedná o rozsáhlou databázi s desítkami grafů porovnávajících doby jízdy, vyhodnocení by přesáhlo rámec tohoto článku, je v dalším textu uvedeno několik ukávek výstupů. Každý z výstupů vznikl dlouhodobým průměrováním měřených hodnot dob jízdy plovoucími vozidly.

published in TUNEL journal [10].

## VEHICLE FLEET AND ASSESSMENT OF TRAFFIC QUALITY

About 900km were driven along the above-mentioned routes within the framework of the tests, which were conducted under the direction of the Faculty of Transportation Sciences. It is very suitable for more comprehensive assessment of traffic in the context of the whole city to use a large fleet of Floating Cars. The data obtained in the RODOS project was provided to the faculty for this purpose. The RODOS centre is formed by three biggest technical universities in the Czech Republic, one public

research institution and six companies. The centre is funded by the Technology Agency of the Czech Republic programme for the support of long-term collaboration in research, development and innovations between the public and private sector the “Competence Centre” and co-funded by the centre partners. Traffic data from nearly 150 thousand vehicles (the location, velocity and travel times) is being gathered within the framework of the nationwide project.

At the moment large sets of Floating Car data presenting travel times in various segments of the transport network in Prague are available. The company of CE-Traffic, a. s., pre-processed it and provided the Faculty of Transportation Sciences with it. The travel time is one of the basic comparative source documents where the contribution of a structure can be directly assessed by means of a financial equivalent. With respect to the fact that it is an extensive database with tens of graphs comparing travel times and the assessment would exceed the framework of this paper, several examples of outputs are presented in the text below. Each of the outputs originated by long-term averaging of measured values of travel times of Floating Cars.

The time of travel along V Holešovičkách Street is 100s when the traffic flow is free (see Fig. 9). Before opening the CTB to traffic the travel times around eight o'clock reached up to 260s. After opening the tunnels to traffic the maximum was shifted to seven o'clock, but the travel time (TT) is only 130s. The Travel Time during the morning rush hour is by two minutes shorter. The overall benefit has again to be calculated through the number of vehicles.

The situation during the afternoon rush hour when the Travel Time grows around 16:00 hours from 118s (before the opening) to 133s is completely different. This phenomenon makes it evident that the tunnel is used not only for urban traffic but also transfers the transit transport from the south to the north. In this way it simulates the non-existence of the Prague City Ring Road in the northern segment.

## OTHER EFFECTS OF BRINGING THE TUNNEL INTO SERVICE ON TRAFFIC

As it can be unambiguously observed and as it is supported by measurements assessed to date, the benefits of the comple-

Doba jízdy v ulici V Holešovičkách je při volném dopravním proudu 100 s (obr. 9). Před otevřením TKB dosahovaly doby jízdy okolo osmé hodiny až 260 s. Po otevření tunelů je maximum posunuto k sedmé hodině, ale doba jízdy (TT – Travel Time) je jenom 130 s. Doba jízdy je v ranní špičce o více než dvě minuty kratší. Celkový přínos je opět nutné počítat přes počet vozidel.

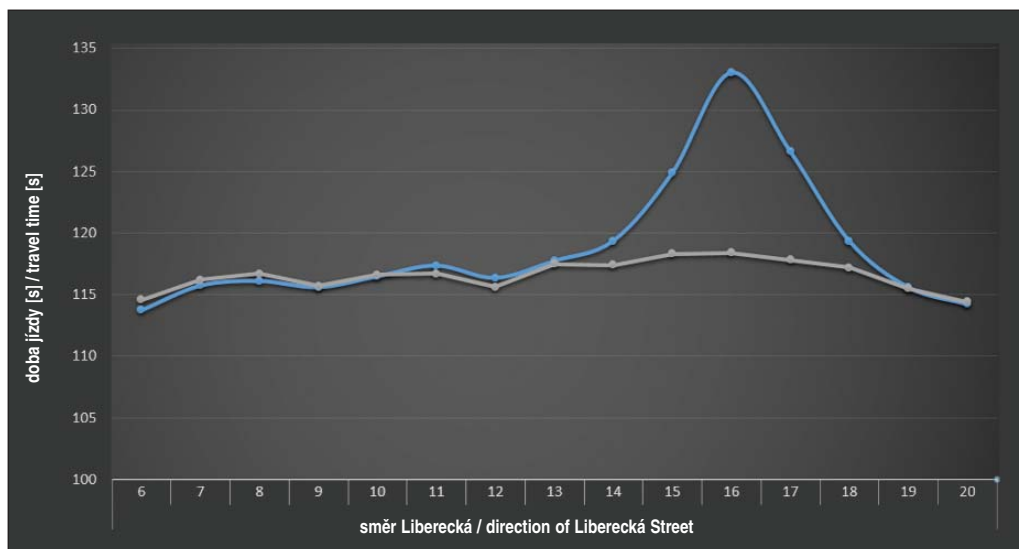
Zcela jiná situace je v odpolední špičce, kdy se okolo 16:00 zvedne doba jízdy ze 118 s (před otevřením) na 133 s. Tento jev svědčí o tom, že tunel není využíván jenom pro městskou dopravu, ale převádí i tranzitní dopravu z jihu na sever, čímž simuluje neexistenci Silničního okruhu okolo Prahy v severním segmentu.

### DALŠÍ VLIVY OTEVŘENÍ TUNELU NA DOPRAVU

Jak lze jednoznačně pozorovat, a podporují to i dosud vyhodnocená měření, přínosy dokončení této části Městského okruhu lze pozorovat v celé původní stopě propojující Prahu 8 a Prahu 6 od ulic V Holešovičkách přes Veletržní, Milady Horákové až po Patočkovu. Kvalita dopravy se zvýšila i na Dvořákově nábřeží, pravobřežní komunikaci a dalších místech Prahy.

Došlo ale i ke zhoršení kvality dopravy v oblasti některých vjezdů a výjezdů z tunelů. Tato situace byla předvídána i v predikčním modelu, obr. 1, a zdá se, že jí nebyla věnována náležitá pozornost v době, kdy se tunel dokončoval. S jistotou lze tvrdit, že Městského okruhu bude možné plně využít až po úplném dokončení, kdy se naplní jeho ochranná funkce a bude možné aktivovat řadu regulačních a ochranných opatření vedoucích k dalšímu zlepšení životního prostředí v hlavním městě Praze. Toto je základní systémové opatření, bez kterého se Praha neobejde, a mělo by být se vši vehemencí podporováno politickou reprezentací. Článek [7] popisuje dost tvrdou realitu ve vztahu k dokončování těchto důležitých staveb.

Existují ale i možnosti provést dílčí úpravy na silniční síti, které by problémy omezily. Například kolony ve Svatovítské silně ovlivňuje přechod na okružní křižovatce Vítězného náměstí. Nárazové kolony u Barrandovského mostu ovlivňuje i pozdní řazení vozidel ze Strakonické do Modřanské, kde je na tento manévr sotva 200 metrů. Kromě klasických dopravně-inženýrských opatření existují i prostředky dopravní telematiky, které by měly být urychleně zavedeny.

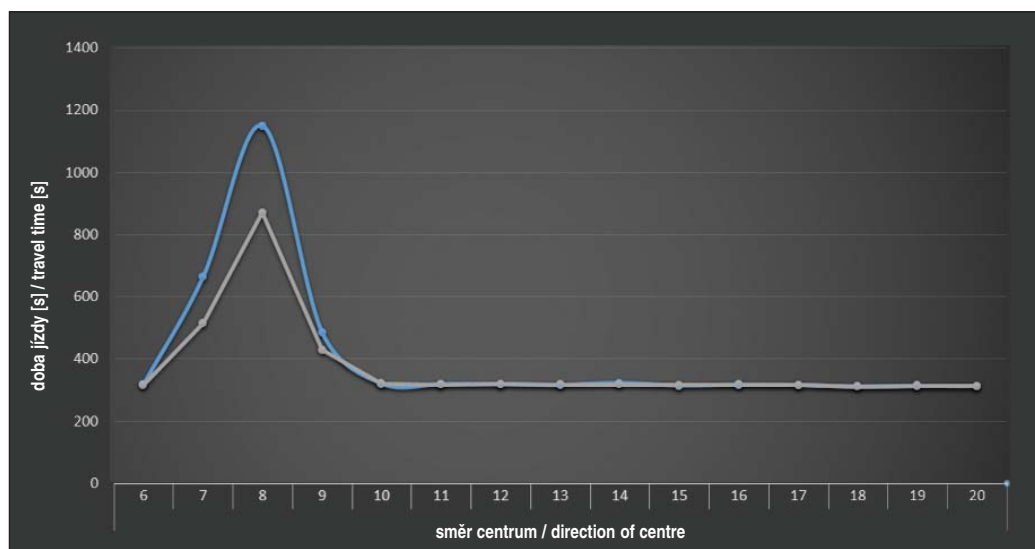


Obr. 9 Průběh cestovních dob v ul. V Holešovičkách směř Liberecká mezi 6. a 20. hodinou (šedá – před otevřením TKB; modrá – po otevření)

Fig. 9 The course of travel times on V Holešovičkách Street in the direction of Liberecká Street between 6:00 a.m. and 8:00 p.m. (grey – before the CTB opening; blue – after opening)

tion of this part of the City Circle Road can be observed throughout the original route connecting Prague 8 and Prague 6, from V Holešovičkách Street through Veletržní and Milady Horákové Streets up to Patočkov Street. Traffic quality even grew on Dvořákově Nábřeží Embankment, the right-bank road and in other locations of Prague.

On the other hand, the quality of traffic deteriorated in the areas of some tunnel entrances and exits. This situation was predicted even in the predictive model, Fig. 1, and it seems that it was not paid adequate attention at the time when the tunnel was being completed. It is possible to maintain with certainty that the City Circle Road will be fully usable after the full completion, when its protective function is fulfilled and it is possible to activate a variety of regulation and protective measures leading to further improvement of the environment in the City of Prague. This is the fundamental systematic measure Prague cannot cope without. It should be supported by political representation with all efforts. The paper [7] describes the rather harsh reality in relation to the process of completing these important structures.



Obr. 10 Doby jízdy na Strakonické ulici směř Barrandovskému mostu (šedá – před otevřením TKB; modrá – po otevření)

Fig. 10 Travel times on Strakonická Street in the direction of the Barrandov Bridge (grey – before the CTB opening; blue – after opening)



Obr. 11 Doby jízdy v úseku Čínská – Dejvická; před otevřením TKB 14.–18. 9. (červená); po otevření 21.–25. 9. (modrá), 9.–13. 11. (zelená)

Fig. 11 Travel times in Čínská Street – Dejvická Street section; (red – before the CTB opening; blue – after the opening, green on 9<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> November)

Jedním z nedořešených, a o to závažnějších problémů je, že takto rozsáhlý systém neměl připraveny scénáře pro ovládání dopravy. Od zprovoznění dohání tento nedostatek policie na Hlavní dopravní řídicí ústředně tím, že zkracuje délky zelených na několika křižovatkách (5.596 Mozartova – Duškova, 5.559 Radlická – Barrandovský most, atd.). Ovládání dopravy probíhá pouze manuálně na základě posouzení dopravní situace kamerami a jeho kvalita závisí i na zkušenostech dispečera.

Vážným problémem, který je nutné rychle řešit, je zpoždění linek veřejné hromadné dopravy na několika trasách. Na obr. 10 je graf dob jízdy na Strakonické, který ukazuje, že v době ranní špičky zde byla doba jízdy delší o 14,5 minuty oproti volnému provozu, kdy se úsek překonal za 5,3 minuty. Po otevření TKB se jízda v ranní špičce, která trvá i déle, prodloužila na 19 minut. Na Strakonické se uvažuje s rozšířením vyhrazeného pásu pro veřejnou hromadnou dopravu.

Podobně se zvýšily i průměrné cestovní doby autobusů MHD v úseku Čínská – Dejvická. Z grafu pro listopad ale vyplývá, že se individuální doprava poněkud přeorganizovala a čtyřminutové zpoždění se projevuje hlavně v odpolední špičce (obr. 11).

## ZÁVĚR

Tunelový komplex Blanka je výjimečné dílo, které bylo zařazeno mezi 27 světových komplexních podzemních struktur publikovaných v dokumentu PIARC, [9]. Takovéto dílo musí být sledováno z hlediska udržitelnosti ve všech třech komponentách z hlediska sociálního přínosu, ekologických přínosů a finančního přínosu díla. Pokud se zaměříme na finanční výhodnost stavby, musí být základem dlouhodobé sledování vlivu stavby na dopravu ve městě. V článku je ukázáno, že hodnocení kvality dopravy nemůže být založeno pouze na měření intenzit dopravy. Praha má ale k dispozici mohutný zdroj dat, kterým je 108 dopravních detektorů monitorujících dopravu ve strategických místech sítě.

But even other possibilities how to carry out partial changes in the road network reducing the problems exist. For example, the columns on Svatovítská Street are significantly affected by the pedestrian crossing of the Vítězné Náměstí roundabout. Random columns at the Barrandov Bridge are influenced even by the delayed sorting of vehicles to lanes from Strakonická Street to Modřanská Street, where there are less than 200 metres available for this manoeuvre. Means of traffic telematics also exist in addition to classical traffic-engineering measures; they should be implemented expeditiously.

One of the not completely resolved and even more serious problems is the fact that such an extensive system did not have traffic control scenarios prepared. The Police at the Main Traffic Control Centre has been catching up with this deficiency since the opening to traffic by reducing the green light intervals at several interchanges (5.596 Mozartova Street – Duškova Street, 5.559 Radlická Street – Barrandov Bridge, etc.). Traffic is controlled only manually on the basis of assessing the traffic situation by cameras; its quality depends even on operator's experience.

A serious problem requiring quick solution is posed by delays of mass transit lines on several routes. The graph of travel times on Strakonická Street is presented in Fig. 10. It shows that the travel time during the morning rush hour was longer by 14.5 minutes in comparison with the free traffic operation, when the section was passed in 5.3 minutes. After opening the CTB to traffic the travel time during the morning rush hour, which takes even longer, extended to 19 minutes. Enlarging the width of the exclusive lane for public mass transport is under consideration on Strakonická Street.

The average travel times of urban mass transit buses in the Čínská Street – Dejvická Street section grew similarly. It follows from the graph for November that the individual traffic got slightly reorganised and a four-minute delay manifests itself mainly during the afternoon rush hour (see Fig. 11).

## CONCLUSION

The Blanka complex of tunnels is an exceptional piece of work which was ranked among 27 world's complex underground structures published in the PIARC document [9]. Such the work has to be monitored from the aspect of sustainability at all three components in terms of the social benefit, environmental benefits and financial benefit of the project. If we focus our attention on the financial profitability of the project, long-term monitoring of the impact of the project on traffic in the city has to be the basis. It is shown in this paper that the assessment of traffic quality cannot be based only on measuring the traffic flow volume. But Prague has got a mighty source of data available in the form of 108 traffic detectors monitoring traffic in strategic locations of the road network.



V článku je ukázán i moderní přístup v hodnocení LOS využívající plovoucích vozidel, který je vhodný pro komparativní analýzu porovnávající v absolutních číslech zkrácení, či prodloužení jízdních dob. Pomocí těchto dat je možné monitorovat jakýkoli významnější segment dopravní sítě. Provést takovou analýzu nejde již jen s využitím studentů na základě entusiasmu, ale je nutné tomu věnovat čas expertů.

Ze všech dosavadních výsledků plyne, že TKB má významně pozitivní vliv na přepravu v okolí Městského okruhu a ve svých důsledcích na celé město. Pro zvýšení relevantnosti tohoto tvrzení je nutné, aby Magistrát hl. m. Prahy přemýšlel o tvorbě „cеноvého“ modelu dopravy, který by cenu za průjezd dopravní sítě vyjadřoval ve finančním ekvivalentu a sledoval dlouhodobě pozitivní účinek dokončování těchto staveb na život obyvatel.

Tunelový komplex Blanka, resp. celou budovanou severozápadní část MO, nelze z dopravně-inženýrského hlediska hodnotit jako jednotlivou stavbu, ale pouze jako součást nadřazené sítě pozemních komunikací hlavního města Prahy. Městský okruh nikdy nebyl navrhován pro tranzitující dopravu tak, jak se část okruhu ve směru severo-jihním využívá, což způsobuje i dílčí problémy.

Cílem celkové přestavby komunikační sítě města je vybudovat Městský okruh a Silniční okruh kolem Prahy jako nadřazenou a technicky vybavenou síť komunikací, která by na sebe svou atraktivitou soustředila převážnou část veškeré automobilové dopravy. Zároveň s tím musí umožnit i dopravně vyhovující navázání na vstupy státní silniční sítě do území města.

**prof. Ing. PAVEL PŘIBYL, CSc., pribypav@fd.cvut.cz,  
FD ČVUT**

**Recenzovali: prof. Ing. Juraj Spalek, Ph.D.,  
Ing. Pavel Šourek**

Článek vznikl v rámci projektu HADES technologické agentury ČR (TA03030491). Statistiku chování rozsáhlých flotil vozidel ze systému RODOS byly připraveny a zpracovány díky Ing. Jiřímu Novobilskému a Ing. Hynkovi Masatovi ze společnosti CE-Traffic, a.s., za což jim patří dík.

The paper in addition shows the modern LOS assessment attitude using Floating Cars. It is suitable for a comparative analysis comparing the reduction or extension of travel times in absolute figures. Using this data, it is possible to monitor any more significant segment of the transport network. Carrying out such the analysis is no more possible using students on the basis of enthusiasm. It is necessary to dedicate the time of experts to it.

It follows from all results obtained to date that the CTB significantly positively influences transport in the area nearby the City Circle Road (CCR) and, in its consequences, the entire city. It is necessary for increasing the relevance of this statement that the Prague City Hall thinks about the development of a “pricing” model of transportation which would express the cost of the transit via the transportation network in a financial equivalent and would observe the positive effect of completed projects on the lives of residents in the long term.

The Blanka complex of tunnels, respectively the entire north-western part of the CCR, cannot be assessed as a single structure from the traffic engineering point of view, only as a part of a higher-ranking network of roads in the City of Prague. The City Road Circle has never been proposed for transit traffic, which is the way in which a part of the road circle is used in the north-southern direction, causing even partial problems.

The objective of the overall reconstruction of the urban road network is to develop the City Circle Road and the Prague City Ring Road to form a higher-ranking and technically well equipped road network which would concentrate the major part of all automobile transportation on itself owing to its attractiveness. In addition it has to allow linking of the state road network to the area of the city adequate in terms of traffic.

**prof. Ing. PAVEL PŘIBYL, CSc., pribypav@fd.cvut.cz,  
FD ČVUT**

The paper originated within the framework of the HADES project of the Technology Agency of the Czech Republic (TA03030491). Statistics of the behaviour of large fleets of vehicles from the RODOS system were prepared and processed thanks to Ing. Jiří Novobilský and Ing. Hynek Mašata from CE-Traffic, a.s., for which they deserve thanks.

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] ŠOUREK, P. at al. Čelně odtěžované tunely na stavbě tunelového komplexu Blanka. *Tunel*, 2010, roč. 19, č. 2, s. 42–54, ISSN 1211-0728
- [2] ŠTEFAN, L. Tunelový komplex Blanka – Realizace spodní klenby definitivního ostění raženého přípruhového tunelu. *Tunel*, č. 3, 2013, s. 9-13, ISSN 1211-0728
- [3] VANLOMMEL, M. at all. An evaluation of section control based on floating car data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Volume 58, Part C, September 2015, Pages 617-627
- [4] GUNAWAN, F. E. Optimal Averaging Time for Predicting Traffic Velocity Using Floating Car Data Technique for Advanced Traveler Information System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Volume 138, 14 July 2014, Pages 566-575
- [5] DEWULF, B. at all. Examining commuting patterns using Floating Car Data and circular statistics: Exploring the use of new methods and visualizations to study travel times. *Journal of Transport Geography*. Volume 48, October 2015, Pages 41-51
- [6] PŘIBYL, P. at al. Městský okruh – vklad pro nové tisíceletí. FD ČVUT, IDS Praha, str. 96, ISBN 978-80-260-8623-9
- [7] ŠOUREK, P. Blankou to skončit nemůže. Silniční síť-základ civilizace a prosperity, podzim 2015. Společnost pro rozvoj silniční dopravy, str. 44-49
- [8] MARTIN, J. C. at all. Sustainable Road Tunnel Operation – Recommendations for Sustainable Road Tunnel Operation. Výbor C.3.3 Road Tunnel Operation, WG5, str. 58
- [9] FALCONAT, B. Complex Underground Road Networks, Part A – Case Studies. Výbor C.3.3 Road Tunnel Operation, WG5, str. 51
- [10] PŘIBYL, P., SPALEK, J., ZOBANÍK, P. Měření rychlosti v tunelech – Podstatný příspěvek pro bezpečnost. *Tunel*, roč. 14, č. 4, s. 36-40, ISSN 1211-0728