

Daniela Ďurčanská - Ferdinand Heseck *

MATEMATICKÉ MODELOVANIE VPLYVU DIAĽNICE NA ZNEČISTENIE OVZDUŠIA

MATHEMATICAL MODELLING OF THE HIGHWAY INFLUENCE TO AIR POLLUTION

Príspevok sa zaoberá posudzovaním vplyvu diaľnic na znečistenie ovzdušia a oficiálnou metódikou, ktorá sa pre tento účel používa. Metodika používaná pre mestské komunikácie bola modifikovaná pre modelovanie znečistenia ovzdušia od dopravy na rýchlostných komunikáciách v nezastavanom území.

The paper deals with the procedure of the highway project evaluation from the standpoint of highway influence to the environment. The official calculation methodology of air pollution is used for that purpose. The methodology was adjusted so that the differences of highways from the common roads were taken into consideration by the calculation of pollutant distribution in the surroundings of the highway, mainly from the high speed of the traffic stream point of view.

1. Úvod

Negatívny vplyv dopravy na znečistenie ovzdušia je všeobecne známy. Doprava v mestách prispieva k znečisteniu ovzdušia viac ako 50 %, v centrálnych častiach miest viac ako 70 % [5]. Riešenie problému rastúcej hustoty dopravy si vyžaduje výstavbu nových ciest, hlavne diaľnic. Je potrebné si zodpovedať na otázku, či diaľnice riešia tiež problém negatívneho vplyvu dopravy na znečistenie ovzdušia. Výstavba diaľnice neznižuje počet áut prechádzajúcich daným miestom. Skôr tento počet zvyšuje, pretože diaľnice priťahujú veľký počet vodičov motorových vozidiel, ktorí by ináč použili inú dopravnú komunikáciu. Diaľnice zvyšujú priemernú rýchlosť dopravného prúdu. Preto spotreba paliva narastá, čo spôsobuje nárast emisie hlavných znečisťujúcich látok, ktoré produkuje doprava: NO_x - suma oxidov dusíka,
 CO - oxid uhoľnatý,
 VOC - prchavé organické zlúčeniny.

Pri projektovaní diaľnice je nutné zohľadniť, aby negatívny vplyv diaľnice zasiahol pokiaľ možno najmenší počet ľudí. Nie vždy je možné budovať diaľnicu mimo obývaných častí miest. Je dôležité, aby diaľnice prechádzali takou trasou, aby v oblasti, v ktorej koncentrácie NO_x , CO preyšujú krátkodobé imisné limity, bol počet obyvateľov, ktorí tu stabilne žijú, minimalizovaný. Emisia oxidu uhoľnatého na diaľnici je priebežne 4-krát vyššia, ako je emisia oxidu dusíka, ale imisný limit je 50-krát väčší, t. j. CO je 50-krát menej toxický ako NO_x . Preto je pochopiteľné, že negatívny vplyv diaľnice by mal byť posudzovaný podľa koncentrácie NO_x a šírku ochrannej zóny okolo diaľnice by mala určovať izočíara $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ koncentrácie NO_x . Rozdelenie koncentrácie NO_x , CO a VOC sa počíta na základe oficiálnej metodiky pre výpočet znečistenia ovzdušia z okolitých zdrojov [6].

1. Introduction

The negative effect of traffic to air pollution is generally well known. The traffic in cities contributes to more than 50 percent of air pollution and in the central part of cities more than 70 percent [5]. The solution of the increasing traffic density problem demands construction of new roads, mainly highways. It is also necessary to answer the question if highways solve the problem of negative influence of traffic to air pollution. Building highways does not bring down the number of cars that pass through a given place. It sooner raises this number because highways attract more drivers that would otherwise use another route. Highways increase the average speed of the traffic stream. Therefore, fuel consumption increases and results in increasing emission of the main harmful substances produced by traffic: NO_x - the sum of nitrogen oxides; CO - carbon monoxide and VOC - volatile organic compounds.

By the projecting of highways it is necessary to take into consideration that the negative influence of highways affects the smallest number of people. Construction of highways out of city living parts is not possible. It is important that the highway could run in such a way, that in the zone, where the concentrations of NO_x and CO exceed the short-term imission standards, the number of the permanent living inhabitants was minimalized. The emission of carbon monoxide by highway traffic is approximately four-times higher than the emission of nitrogen oxides but the imission standard is 50 times higher, e.g. CO is 50 times less toxic than NO_x . Therefore, it is comprehensible that the negative influence of the highway should be judged according to the NO_x concentration, and the width of the protective zone round the highway should be determined by the isoline $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ NO_x concentration. The distribution of NO_x , CO and VOC concentration is calculated on

* ¹ Assist. Prof., PhD, Eng. Daniela Durcanska, ² Assoc. Prof., PhD, Dr. Ferdinand Heseck

¹ University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, Department of Highway Engineering, Slovak Republic

² Geophysical Institute of SAS Bratislava, Slovak Republic

Prezentácia metodiky výpočtu automobilového znečistenia ovzdušia a jej modifikácie pre výpočet distribúcie koncentrácie hlavných zložiek spaľovania paliva okolo diaľnice je jeden z cieľov tohto článku.

2. Metodika výpočtu znečistenia ovzdušia z automobilovej dopravy

V prvom priblížení sa môže ulica uvažovať ako líniový zdroj znečisťujúcich látok. Disperzia znečisťujúcich látok z líniového zdroja je popísaná stacionárnou dvojrozmernou rovnicou turbulentnej difúzie:

$$U \frac{\partial C}{\partial x} = K_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial C}{\partial z}. \quad (1)$$

Ulicu si môžeme predstaviť ako kaňon, ohraničený z oboch strán budovami. Pre takúto ulicu hraničné podmienky budú:

$$\begin{aligned} K_x \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{x=0} \pm \nu C & \quad \text{pre } 0 \leq z \leq h, \\ K_z \frac{\partial C}{\partial z} \Big|_{z=0} & = Q \quad \text{nad cestou,} \\ K_z \frac{\partial C}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0, & \quad \text{pre } z=H \end{aligned} \quad (1a)$$

kde C - je koncentrácia znečisťujúcej látky v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$,
 K_x, K_z - sú zložky koeficientu difúzie v príslušných smeroch v $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$,
 U - rýchlosť vetra v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,
 h - výška budov m,
 H - výška vrstvy premiešavania v m,
 S - šírka kaňonu ulice v m,
 Q - emisia komunikácie v $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,
 ν - parameter, charakterizujúci pohltenie znečisťujúcej látky stenami zástavby v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Prvá hraničná podmienka simuluje odraz popr. prechod polutanta medzi budovami. Koeficient ν môžeme vyjadriť vzťahom

$$\nu = (1 - PR) \cdot \frac{K_x}{\Delta_x}, \quad (2)$$

kde Δ_x - je šírka chodníkov na oboch stranách cesty. Ak je zástavba spojité $PR = 1$, ak je cesta bez zástavby $PR = 0$.

Druhá a tretia hraničná podmienka vyjadrujú produkciu znečisťujúcich látok nad cestou a úplný odraz polutanta na povrchu zeme a na hornej hladine vrstvy premiešavania.

Šírka cesty SIC je daná počtom jazdných pruhov. Pre jeden jazdný pruh sa určuje štandardná šírka 3 m. Predpokladá sa, že chodníky na oboch stranách cesty majú rovnakú šírku.

the basis of official air pollution calculating methodology from traffic [6].

One of the purposes of this paper is to present air pollution calculation methodology from car traffic and its modification for calculation of concentration distribution of the fuel combustion main products around the highways.

2. Methodology of air pollution calculation from car traffic

In the first approximation a street may be taken as a line source of pollutants. The dispersion of pollutants from a line source is described by the stationary, two-dimensional equation of turbulent diffusion:

$$U \frac{\partial C}{\partial x} = K_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial C}{\partial z}. \quad (1)$$

Street may be imagined as a canyon enclosed from either one or both sides by the buildings. For this type of street the limiting conditions will be

$$\begin{aligned} K_x \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{x=0} \pm \nu C & \quad \text{for } 0 \leq z \leq h, \\ K_z \frac{\partial C}{\partial z} \Big|_{z=0} & = Q \quad \text{over the communication,} \\ K_z \frac{\partial C}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0, & \quad \text{pre } z=H \end{aligned} \quad (1a)$$

where C - is the pollutant concentration in $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$,
 K_x, K_z - components of diffusion coefficient in the corresponding direction in $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$,
 U - the wind speed in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,
 h - the height of the built-up area in m,
 H - the altitude of the mixed layer in m,
 S - the width of the street canyon in m,
 Q - the specific emission of the road in $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,
 ν - the coefficient of the pollutant passage through the walls of the built-up area in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

The first limiting condition simulates the reflection and passage of pollutants through the walls of built-up area. We can express the coefficient ν by the relation

$$\nu = (1 - PR) \cdot \frac{K_x}{\Delta_x} \quad (2)$$

where Δ_x is the width of the footway on the both sides of the road.
 $PR = 1$ for continual built-up area
 $PR = 0$ for the road out from built-up area.

The second and third limiting condition express the pollutant production over the road as well as the perfect reflection of the pollutant on the ground surface and on the upper level of the mixed layer.

The width of the road (SIC) is given by the number of lanes. For one lane the standard width 3 m is taken. The pavements on both sides of the street are assumed to have equal width.

Hraničný problém (1), (1a) bol riešený numericky, metódou konečných diferencií. Je to implicitná metóda a teda bezpodmienečne stabilná. Zakladá sa na tom, že namiesto funkcií spojitých argumentov uvažujeme funkcie diskretných argumentov, zadaných v uzlových bodoch. Výpočtová oblasť je konštruovaná tak, že celý kaňon je delený v horizontálnom smere na tri stĺpce boxov. Vypočítaná koncentrácia polutanta v uzlovom bode predstavuje priemernú koncentráciu v príslušnom boxe, v centre ktorého sa uzlový bod nachádza.

Priemerná koncentrácia polutanta v danom boxe bude závisieť od rozmeru boxu. Preto šírku diaľnice nie je možno počítať z počtu jazdných pruhov. Z tohto dôvodu sa šírka počítaného úseku diaľnice zadáva interaktívne cez obrazovku.

Vzdialenosť vybranej izočiary koncentrácie polutanta od diaľnice závisí od smeru vetra. Táto vzdialenosť je maximálna, keď smer vetra je kolmý na os diaľnice. Z tohto dôvodu šírka ochranej zóny je vzdialenosť od diaľnice, v ktorej koncentrácia NO_x dosiahne hodnotu $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (krátkodobý imisný limit pre NO_x) pri smere kolmom na os diaľnice. Okrem iných výpočtov sa počíta tiež celkové množstvo NO_x , CO a VOC , ktoré emituje automobilová doprava na danom úseku cesty za určitý čas (obvykle deň, popr. rok).

Špecifická emisia cesty Q sa počíta z počtu osobných POS a nákladných áut $PNAK$, ktoré prechádzajú diaľnicou za čas spriemerovania T (0,5 h, 24 h)

$$Q = \frac{POS \cdot EOS + PNAK \cdot ENAK}{3600 \cdot T \cdot SIC} \quad (3)$$

Špecifické emisie áut (emisné faktory) EOS a $ENAK$ závisia od technickej úrovne áut. V súčasnej dobe vo výpočtoch sa používajú špecifické emisie uvedené v tab. 2.

3. Aplikácia modelu v procese posudzovania vplyvov komunikácií na životné prostredie

3.1 Doprava

Sektor dopravy je jeden z hlavných činiteľov problémov energetických a problémov životného prostredia, pretože patrí k najväčším spotrebiteľom fosilných energetických zdrojov a je zodpovedný za podstatné ovplyvňovanie a zaťažovanie životného prostredia. Táto myšlienka vyplýva zo správy „Doprava v rýchle sa meniacej Európe“, ktorú spracovala skupina „Doprava 2000 plus“ Európskeho spoločenstva [1].

Ďalší vývoj dopravy je neoddeliteľne spojený s otázkami hodnôt životného štýlu, spôsobu života a hospodárstva. Treba si uvedomiť, že doprava ovplyvňuje životné prostredie kladným aj záporným spôsobom:

- pozitívne tým, že účelným premiestňovaním osôb a tovaru zabezpečuje potreby spoločnosti a výkon niektorých služieb i výrazne prispieva k rastu turizmu,

The limiting problem (1), (1a) was solved numerically by the method of finite differences. This is an implicit method and thus unconditionally stable. It consists of fact that instead of functions of continuous arguments, the functions of discrete arguments are considered, and their values are given in the grid points. The calculation domain is constructed so, that the whole canyon is divided in horizontal direction into the three columns of the boxes. The calculated pollutant concentration in a grid point presents the mean pollutant concentration in this box, in the centre of which the grid point is situated.

The mean pollutant concentration in a given box will depend on the dimension of the box. The width of the highway is not always possible to calculate from the number of the lanes. For that reason the width of the calculated section of highway is given interactively through the screen.

The distance of a chosen isoline of pollutant concentration from the highway depends on the wind direction. This distance is maximal when the wind direction is perpendicular to the axis of the highway. For this reason the distance from the highway is calculated, in which NO_x concentration achieves the value of $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (short-term imission standard for NO_x). The whole amount of pollutants NO_x , CO and VOC emitted by the existing road traffic during some time interval, usually during one year, is also calculated.

The relation calculates specific emission of the road Q from the number of the passenger cars and duty vehicles (POS and $PNAK$), which passed the highway in the averaging time of the pollutant concentration T (0.5 h, 24 h)

$$Q = \frac{POS \cdot EOS + PNAK \cdot ENAK}{3600 \cdot T \cdot SIC} \quad (3)$$

Specific emissions EOS and $ENAK$ depend on the technical level of the cars. In present time the specific emission given in the Table 2 are used in calculations.

3. Application of model in appraisal process of communications effects to the environment

3.1 Transport

The transport sector is one of the main energy and environmental problems, because it is part of the biggest consumption of petrified energy sources and is responsible for essential affect to environment. This opinion results from the “Transport in quickly changing variable Europe” report, processing by “Transport 2000 plus” of European community [1].

Future evolution of traffic is inseparably connected with environment values questions, manner of life (modus vivendi) and economy. It is necessary to sense that the traffic is influencing the environment positively and negatively, too:

- Positive effect of traffic is providing for society needs and performance of some services by effective transportation of persons, goods, and traffic also goes towards the rise of tourism.

- negatívne dlhodobým účinkom podielu na spotrebe neobnoviteľných prírodných zdrojov, krátkodobo pôsobením na okolie a človeka.

Najzávažnejšie účinky automobilovej dopravy na životné prostredie s dopadom na zdravie obyvateľstva má hluk a exhaláty. Práve preto zaujímajú podstatné miesto v metodike posudzovania vplyvov činností na životné prostredie - EIA (Environmental Impact Assessment).

Znečistenie ovzdušia ako jeden z bezprostredných dopadov automobilovej dopravy na svoje okolie vzniká hlavne prevádzkou motorov pohybujúcich sa vozidiel, ale aj vírením častíc prachu usadených na komunikácii a v jej okolí a tiež opotrebovaním jednotlivých častí vozidla, ako sú napríklad brzdové obloženie, pneumatiky a pod.

Imisná štúdia by preto mala byť súčasťou projektovej dokumentácie cestných komunikácií na úrovni variantného rozhodovania o výbere vhodného umiestnenia komunikácie. Aby splnila svoj účel, mala by obsahovať modelovanie produkcie plyných emisií od automobilovej dopravy v takom rozsahu, aby bolo možné porovnávať rôzne varianty trasy.

3.2 Imisná štúdia

V štruktúre emisnej štúdie by nemalo chýbať posúdenie tvorby imisií od dopravy:

- súčasnej na existujúcej cestnej sieti v sledovanom území,
- výhľadovej na existujúcej cestnej sieti v sledovanom území za predpokladu, že sa novonavrhovaná komunikácia nebude realizovať, tzv. nulový variant,
- výhľadovej na novonavrhovanej komunikácii v sledovanom území,
- zostatkovej na existujúcej cestnej sieti v sledovanom území za predpokladu, že sa novonavrhovaná komunikácia vybuduje,
- návrh opatrení na zníženie znečistenia ovzdušia,
- návrh monitoringu ovzdušia.

Takto koncipovaná imisná štúdia môže byť podkladom pre proces posudzovania vplyvov na životné prostredie podľa zákona NR SR č. 127/94 Z. z. [2].

Využitím popísaného výpočtového programu, v ktorom sú zohľadnené všetky rozhodujúce faktory ovplyvňujúce produkciu plyných emisií, je možné modelovať znečistenie ovzdušia v okolí komunikácie.

Vstupné údaje pre modelovanie:

- emisné faktory pre súčasný a budúci vozidlový park,
- objem dopravy a jej zloženie podľa druhov vozidiel,
- pozdĺžny sklon komunikácie,
- rýchlosť jazdy vozidla,
- poveternostné podmienky.

Posudzované sú množstvá nasledujúcich znečisťujúcich látok:

- CO oxid uhoľnatý,
- NO_x oxidy dusíka,
- VOC uhľovodíky.

- Negative effect of traffic has long-term impact of nonrevivable natural source consumption part, by the instrumentally of short-term impact to surroundings and humans.

The most significant effects of car traffic to environment with the impact to the population's health are noise and imissions. Therefore, they take a substantial place in Environmental Impact Assessment methodology - EIA.

Air pollution, one of the immediate impacts of traffic on its surroundings, is mainly a result of moving cars, motors operation, but also by whirling of sedimentary dust elements on the road and in its surroundings, and by individual car part abrasions, for example, brake lining, tires, etc. Therefore, the imission study should be part of road design documentation up to the mark of variant decision by the appropriate location choice. In order to fulfil its aim, it ought to include the modelling of gaseous emissions production from car traffic in such a proportion that it will be possible to compare different variants of the route.

3.2 Imission study

In imission study there should be imission creation arbitration from:

- actual traffic on the existing network of roads in regarding area,
- forecast traffic on the existing network of roads in regarding area, provided that the redesigned road will not be realised, called zero variant,
- forecast traffic on the redesigned road in regarding area,
- residual traffic on the existing network of roads in regarding area, provided that redesigned road will be realised,
- suggestion of arrangements for air pollution reduction,
- suggestion of air monitoring.

Imission study drafted in this way can be the foundation for the environmental impact assessment process according to the Law NR SR č. 127/94 Z. z. [2].

With the exploitation of described computing program, which deliberates all determining factors influencing the gaseous emissions production, it is possible to simulate air pollution of the road surroundings.

Input information for modelling:

- emission factors for actual and future vehicle stock,
- traffic volume and its composition by the type of vehicles,
- longitudinal gradient of road,
- urban and eventually suburban treatment of traffic,
- speed of vehicle drive,
- atmospheric conditions.

Following pollutants are appreciated:

- CO carbon oxide,
- NO_x nitrogen oxides,
- VOC volatile organic compounds.

Výstupy:

- rozptyl vo voľnej atmosfére
 - CO , NO_x , VOC ,
 - celková produkcia za rok,
 - max. koncentrácia v ovzduší od špičkovej dopravy,
- hranica prekročenia limitu $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3} NO_x$ - vzdialenosť od osi komunikácie.

Imisné limity v SR [3]:

Tab. 1

Znečisťujúca látka	Imisné limity v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$		
	Priemerná koncentrácia znečisťujúcej látky		
	ročná IH_r	denná IH_d	polhod. IH_k
Oxid uhľnatý CO	-	5 000	10 000
Oxidy dusíka NO_x	80	100	200
Polietavý prach	60	150	500

3.2.1 Princípy hodnotenia znečistenia ovzdušia

Oxidy dusíka - NO_x - patria ku škodlivinám, ktoré pri súčasnom zložení benzínov predstavujú jednu z najzávažnejších zložiek výfukových plynov, pretože dosahujú najväčšie koncentrácie škodlivých látok, sú dobre zistiteľné monitorovaním resp. výpočtom a zároveň majú najprísnejší imisný limit. Preto sa spravidla používajú za indikátor znečistenia ovzdušia výfukovými plynmí.

V imisných štúdiách sa znečistenie ovzdušia posudzuje podľa celkového množstva vyprodukovaných emisií od automobilovej dopravy v $\text{t}\cdot\text{rok}^{-1}$, ďalej sa sleduje max. koncentrácia NO_x v ovzduší v dýchacej zóne (1,5 m nad povrchom vozovky) od 1/2 - hodinovej špičkovej dopravy a vychádza sa z množstva obyvateľov zasiahnutých znečistením ovzdušia nad prípustný hygienický limit.

Emisné faktory

Tab. 2

Režim jazdy	Vozidlá	Emisie $\text{mg}\cdot\text{m}^{-1}$		
		CO	NO_x	VOC
V zastavanom území	osobné	17.0	1.5	2.5
	nákladné	13.0	9.0	3.3
V nezastavanom území	osobné	8.0	1.8	1.4
	nákladné	7.0	8.0	1.1
Diaľničný	osobné	8.0	3.3	1.1
	nákladné	7.0	8.0	1.0

Celkové množstvo produkovaných škodlivín je ovplyvnené predovšetkým intenzitou a zložením dopravného prúdu (podiel ťažkých vozidiel), dĺžkou trasy a veľkosťou pozdĺžneho sklonu komunikácie. Teda čím je dlhší úsek komunikácie, tým viac škodlivín sa do ovzdušia vyprodukuje.

Maximálna koncentrácia škodlivín v ovzduší je závislá od intenzity a zloženia dopravného prúdu, pozdĺžneho sklonu komunikácie.

Outputs:

- diffusion in open atmosphere
 - CO , NO_x , VOC concentrations,
 - total year production,
 - max. concentration in atmosphere from highest traffic,
- frontier of the limit excess $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3} NO_x$ distance from the road axis.

Imission limits in Slovakia [3]

Tab. 1

Emission	Imission limits [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]		
	average concentration of pollution		
	annual IH_r	daily IH_d	short-term IH_k
Carbon Oxide CO	-	5 000	10 000
Nitrogen Oxides NO_x	80	100	200
Particulate	60	150	500

3.2.1 Principles of the air pollution evaluating

Nitrogen oxides - NO_x - belong to deleterious substances, which is representative one of the most momentous element of exhaust gas by contemporary petrol structure. Because they reach the highest harmful pollutant concentrations, they are identifiable by monitoring or calculation and have the strictest limits. Hence, they use a similar indicator of air pollution by exhaust gas.

In imission studies air pollution is appreciated according to the total production emissions quantity from the car traffic in $\text{t}\cdot\text{year}^{-1}$, moreover the max. NO_x concentration in air in breathing zone (1,5 m over the pavement surface) is pursuing from 1/2 hour peak value of the traffic and the input is the quantum of inhabitants stricken by air pollution over the allowable imission standard.

Specific emission of the cars in Slovakia

Tab. 2

Regime of the Drive	Vehicle	Pollutant [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-1}$]		
		CO	NO_x	VOC
Urban	Passenger	17.0	1.5	2.5
	Lorries	13.0	9.0	3.3
Country	Passenger	8.0	1.8	1.4
	Lorries	7.0	8.0	1.1
Highway	Passenger	8.0	3.3	1.1
	Lorries	7.0	8.0	1.0

Total amount production of deleterious substances is influenced mainly by intensity and structure of the traffic flow (rate of heavy vehicles), length of the route and the longitudinal gradient and intensity of the road. Thus, by longer distance of the road, more deleterious substances are produced in the air.

Maximal deleterious substances concentration in the air depends on the traffic flow intensity and structure, oblong gradient

cie, od polohy sledovaného úseku trasy k smeru prevládajúcich vetrov a rýchlosti prúdenia vetra. Najväčší vplyv má pozdĺžny sklon komunikácie a podiel nákladných vozidiel v dopravnom prúde. Čím menej nákladnej dopravy a čím miernejšie pozdĺžne sklony komunikácie, tým vznikajú menšie koncentrácie NO_x .

3.2.2 Modelovanie znečistenia ovzdušia plánovanou výstavbou diaľnice D1

- Obr. 2 prezentuje nárast dopravy v rokoch 2005 – 2035, pričom vybudovaním diaľnice by došlo na súčasných cestných ťahoch I/61, II/507 a II/517 k značnému poklesu zostatkovej dopravy.
- V tab. 3 je prezentovaná celková súčtová hodnota produkcie emisií do ovzdušia od sumárnej dopravy na všetkých cestách pre nulý variant a porovnanie pre súbeh diaľnice D1 a zostatkovej dopravy na jestvujúcich cestách.

Rozdiel je badateľný od roku 2015, kde sa ako najpriaznivejší javí variant V1a a V7.

Z tab. 4 a 5 je patrné, že sa predpokladá nárast dopravy na dvojnásobok, pričom vybudovaním diaľnice stúpne celková produkcia emisií v roku 2035 len o približne 5 %. To je spôsobené tým, že modelové riešenie vychádza z uplatnenia slovenskej vyhlášky

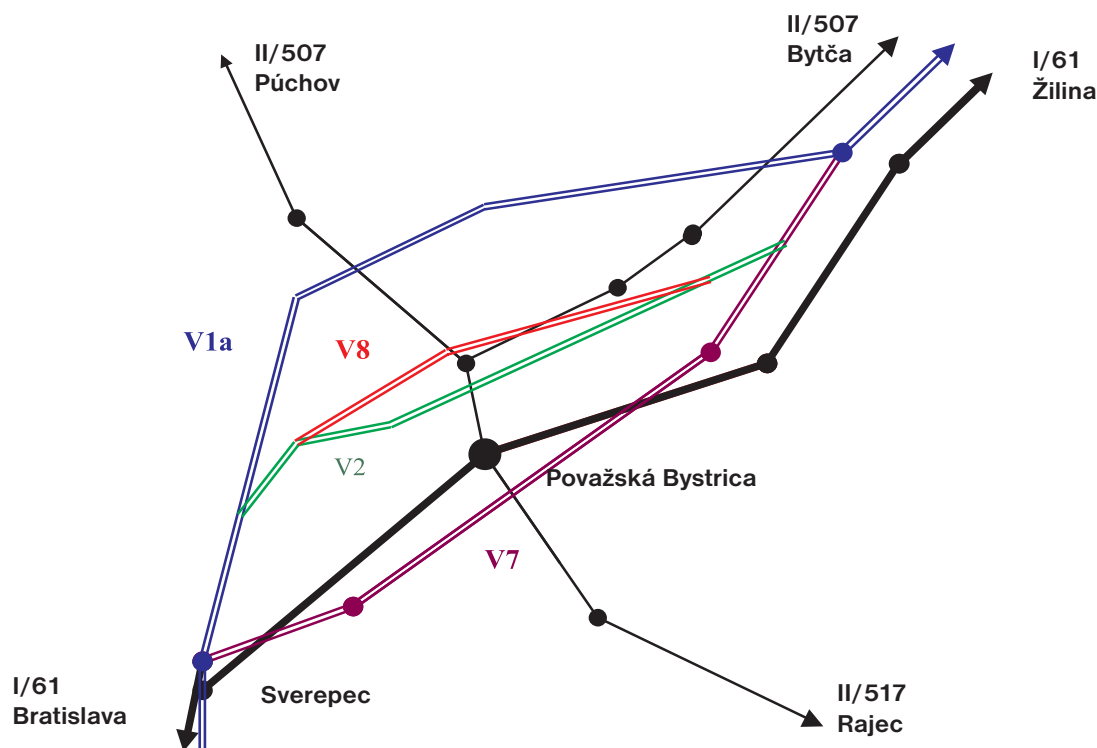
size, location of pursuing route distance concerning the dominant wind direction and the speed of wind circulation. The longitudinal gradient size and the part of commercial vehicles in the traffic flow have the biggest influence. Less the commercial traffic and smaller longitudinal gradient size, thereby, minor concentrations of NO_x originate.

3.2.2 Modelling of air pollution from planned highway construction

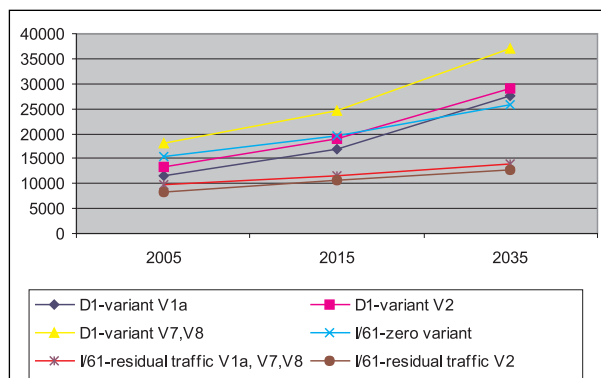
- Figure 2 presents a rise of traffic between years 2005 and 2035, when by the constructing of highways it can come to considerable decline of the rest of traffic at the same time.
- Table 3 presents the total summary value of emissions production in air from the summary of traffic on all streets for zero variant and the comparison for contact of highway D1 and residual traffic on actual roads.

The difference is noticeable since year 2015, where the variants V1a and V7 appear most favourable.

From tables 4 and 5 it is evident that the growing up of traffic to double is predicted, but by constructing highways, total production of emissions in year 2035 will rise only about 5 percent. That is induced by the fact that the model solution takes the cutting edge out from the enforcement of Slovak edict 248/91, which is the

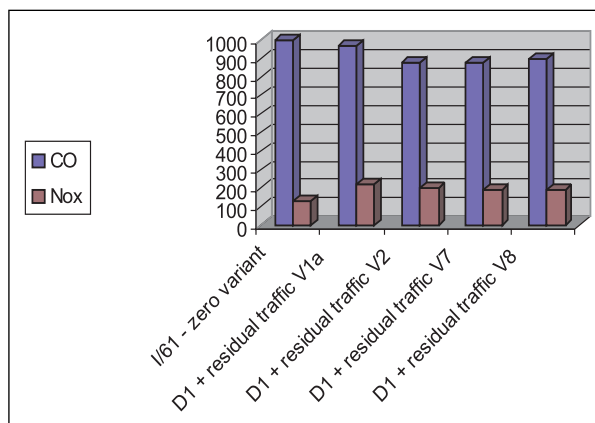


Obr. 1. Schéma súčasnej a navrhovanej cestnej siete v Považskej Bystrici
Fig. 1. The scheme of suggested alternative of highway design D1 in the surround of Považska Bystrica



Obr. 2. Predpokladaná intenzita dopravy na plánovanej diaľnici D1 a súčasnej ceste I/61

Fig. 2. Forecast traffic volume on the planned highway and on the contemporary Ist-class road



Obr. 3. Celková produkcia emisií v roku 2035, t/rok

Fig. 3. Total emission production in year 2035, t/year

Sumárna tabuľka celkovej produkcie škodlivín do ovzdušia nad mestom, t/rok
Total deleterious substances production in the air above the city, t/year

Tab. 3

	1995	2005		2015		2035	
zero variant I/61+II/507+II/517	2002.7	2149.2	100.0%	974.4	100.0%	1733.2	100.0%
residual traffic V1a		2137.0	99.4%	1302.7	133.7%	1363.7	78.7%
residual traffic V2		2323.2	108.1%	1353.0	138.9%	1816.8	104.8%
residual traffic V7		2115.4	98.4%	1292.8	132.7%	1716.3	99.0%
residual traffic V8		2132.1	99.2%	1304.5	133.9%	1737.8	100.3%

Sumárna tabuľka celkovej dopravy (I/61, II/507, II/517), voz/24h
Total traffic in I/61, II/507, II/517 roads, vehicles/day

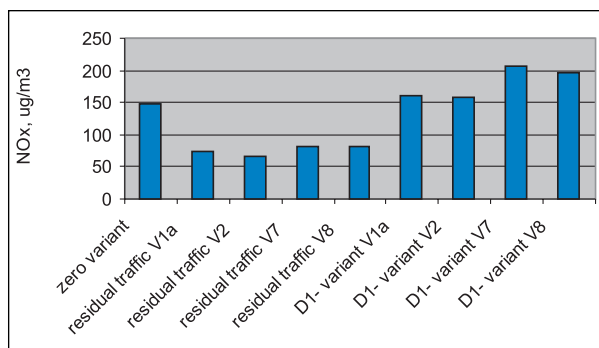
Tab. 4

	1995	2005		2015		2035	
zero variant	11201	15548	100.0%	19604	100.0%	25688	100.0%
D1+ residual traffic V1a		21082	135.6%	28328	144.5%	41372	161.1%
D1+ residual traffic V2		21736	139.8%	29714	151.6%	41730	162.4%
D1+ residual traffic V7		27602	177.5%	36152	184.4%	50486	196.5%
D1+ residual traffic V8		27602	177.5%	36152	184.4%	50486	196.5%

Porovnávacia tabuľka - nárast dopravy a nárast produkcie emisií
Comparative table - traffic rise and emissions production

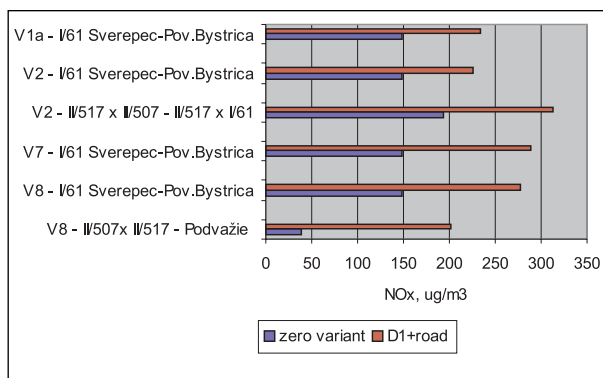
Tab. 5

	2005		2015		2035	
	traffic	emissions	traffic	emissions	traffic	emissions
	%	%	%	%	%	%
zero variant	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
D1+ residual traffic V1a	135.6	99.4	144.5	133.7	161.0	78.7
D1+ residual traffic V2	139.8	108.1	151.6	138.9	162.4	104.8
D1+ residual traffic V7	177.5	98.4	184.4	132.7	196.5	99.0
D1+ residual traffic V8	177.5	99.2	184.4	133.9	196.5	100.3



Obr. 4. Max. krátkodobá koncentrácia NO_x na ceste I/61 a D1 v roku 2035, μg/m⁻³

Fig. 4. Maximal momentary NO_x concentrations on the road I/61 and D1 in year 2035, μg/m⁻³



Obr. 5. Súčet max. koncentrácií NO_x od dopravy na diaľnici D1 a zostatkovej dopravy porovnaný s nulovým variantom, rok 2035

Fig. 5. Sum of maximal NO_x concentration from the traffic on highway D1 and residual traffic comparison with zero variant, year 2035

č. 248/91 naväzujúcej na predpisy EHK, z čoho vyplýva predpoklad obmeny vozidlového parku a zníženie hodnôt exhalácií u automobilov po roku 2010 cca na 40 % u NO_x, na 50 % u CO, VOC a na 75 % u pevných častíc v porovnaní s rokom 1995.

- Obr. 4 prezentuje predpokladané hladiny krátkodobej koncentrácie NO_x od špičkovej polhodinovej dopravy, uvažovanej hodnotou 6 % z celodennej intenzity dopravy.

Samotná zmena režimu jazdy z mestského prerušovaného na diaľničný plynulý, spôsobuje pokles koncentrácie NO_x. Najnižšie hodnoty sa predpokladajú pre variant V1a, najvyššie pre V2.

- Maximálne krátkodobé koncentrácie sa akumulujú v miestach, kde sa trasa diaľnice približuje k trase jestvujúcej komunikácie na vzdialenosť do 220 m, nakoľko taký je zásah územia s prekročeným hygienickým limitom stanoveným pre krátkodobú koncentráciu NO_x v ovzduší – 200 μg/m³. Údaje sú uvedené na obr. 4 a 5.

Pri porovnávaní stavu pre rok 2035 najnižšie hodnoty akumulovanej koncentrácie sa predpokladajú pre variant V1a, ktoré by boli na ceste I/61 nižšie ako pri nultom variante.

Z takto zdokumentovaných výsledkov podľa modelu produkcie emisií od dopravy sa vo viacerých položkách pri hodnotení celkovej produkcie emisií do ovzdušia ako aj pri hodnotení akumulovaných hodnôt (súčet D1 a zostatkovej dopravy na jestvujúcich cestách) krátkodobej koncentrácie NO_x prejavuje variant V1a ako priaznivejší.

4 Záver

Účinky emisií vznikajúcich od dopravy sú v konkrétnych územiach veľmi závažné a podiel dopravných prostriedkov ako ich pôvodcov je na územie nerovnomerne rozptýlený. Riešenie tohto problému môže mať efekt len vtedy, ak bude mať celosvetový charakter. Medzinárodné dohody, rozsiahla a cieľavedomá spolupráca

continuation of EHK statutes and from this fact results the assumption of vehicle stock modification and the reduction of exhausters value at automobiles past year 2010 approximately to 40 percent by NO_x, to 50 percent by CO, VOC and to 75 percent by solid elements in comparison with year 1995.

- Figure 4 presents expected layers of short-term NO_x concentration of peak half-hour traffic by value 6 percent regarding total traffic intensity.

Change of drive by itself from discontinuous city mode to smooth highway mode induces the decline of NO_x concentration. Variant V1a predicts minimal values, and variant V2 maximal values.

- Maximal short-term concentrations are accumulated in places where the route of highway converge to the route of existing communication at 220 m distance, because the area of interference with the hygienic limit is overrun, specified for short-term NO_x concentration in the air – 200 μg/m³. The indications are present in figures 4 and 5.

By the comparison of status considering year 2035, the lowest accumulated concentration values are predicted for variant V1a, which could have been lower on the road I/61 than by zero variant.

From the results documented in this way according to emission production model from traffic in several items by regarding total emission production as well as by regarding accumulated values (sum D1 and residual traffic on actual roads) of short-term NO_x concentration, variant V1 appears more favourable.

4 Conclusions

Impacts of traffic emissions in given areas are very momentous and the ratio of vehicles and their generators is unevenly dispersed. The solution of this problem can be effective only when its character will be worldwide. International conventions, extensive and systematic co-operation and realisation of agreements give the

a realizácia dohôd dáva predpoklady k úspechu. Riešenie konkrétnych úloh sa potom dotýka nielen výrobcov automobilov, výstavby ciest ale aj dopravnej prevádzky. Opatrenia majú potom charakter:

- rozvoja dopravnej techniky,
- prevádzkovo-technologický,
- územno-technický.

Už teraz sú jasné predstavy riešenia zaťaženia životného prostredia osobnými automobilmi. Postupné celosvetové zavedenie automobilov so zdvihovým objemom motora 3000 cm³ (počíta sa s obnovou vozidlového parku v rokoch 2000 až 2005) sa prejaví nielen v relatívnej úspore pohonných látok, ale aj v relatívnom poklese produkcie emisií.

Základným činiteľom, ktorý má vplyv na množstvo a zloženie produkovaných emisií je zloženie paliva, typ a podmienky práce motora a taktiež spôsob jazdy.

Z údajov uvedených v práci vyplýva, že umiestnenie trasy v teréne a hlavne citlivé výškové vedenie trasy priamo vplyva na množstvo produkovaných emisií. So zvyšujúcou sa rýchlosťou jazdy rastie produkcia a koncentrácia emisií, ale pri porovnaní produkcie emisií pri prerušovanej jazde vozidiel v meste a pri plynulej jazde mimo mesta je veľký rozdiel. Celkovú produkciu emisií teda ovplyvňuje aj hustota úrovňových križovatiek a rozptyl škodlivých látok ovplyvňuje výška a hustota zástavby.

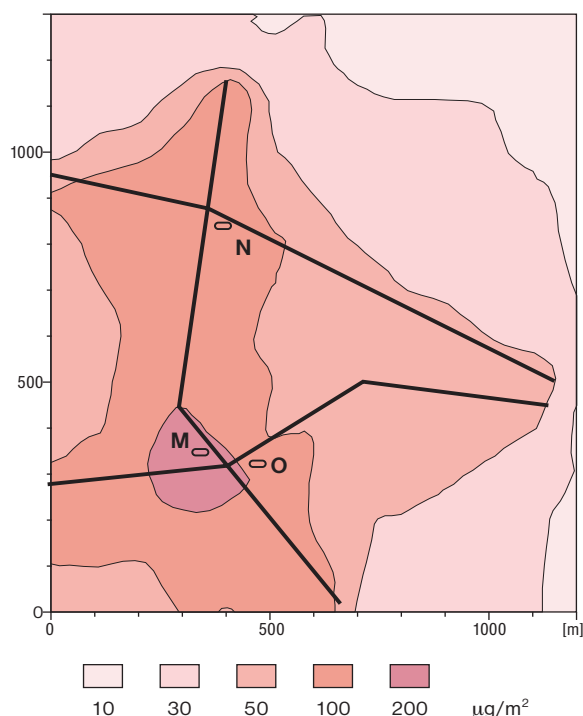
assumption to success. The solution of concrete problem is then relating not only to producers of vehicles and construction of roads but of traffic operation, too. The measures are then of the following character:

- Development of traffic technique,
- Operational and technological,
- Territorial and technical.

The conceptions of solution an environmental loading with vehicles are evident already. Consecutive worldwide applications of the so-called three-litre automobile (make allowance for assumption of vehicle stock - between years 2000 and 2005) will be registered not only in relative saving of fuel, but also in relative decline of emission production.

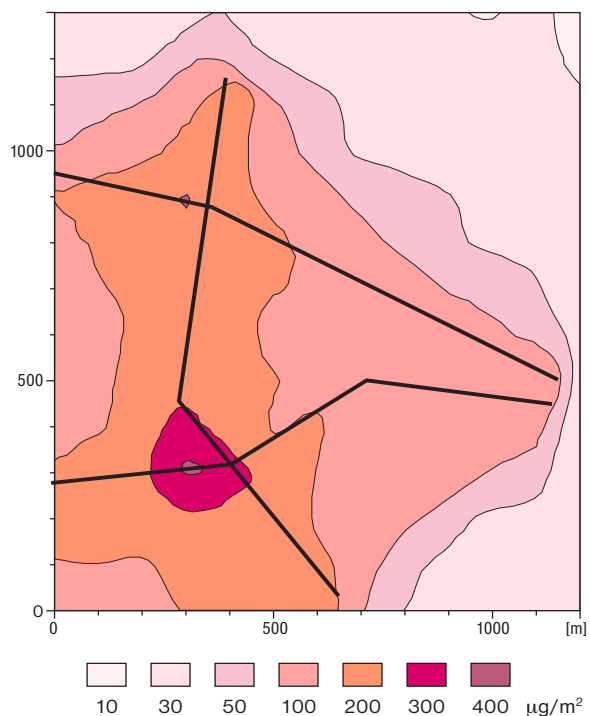
The basic factor influencing the amount and structure of produced emissions is composition of fuel, type and conditions of motor work and style of drive.

From the information presented in the study result that location of the route and an especially sensitive vertical line directly influence the produced emission capacity. By increasing drive-speed the emission production and concentration rises, but when comparing the production of emmissions by discontinuous driving in the city and by continuous driving out of the city comes to important difference. Therefore, total emission production is influenced by density level intersections, and the dispersion of pollution is affected by height and density of built-up area.



Obr. 6. Priemerná denná koncentrácia NO_x - hodnoty v centre Považskej Bystrice, rok 1995

Fig. 6. The average daily concentration NO_x - values in centre of Považska Bystrica, year 1995



Obr. 7. Priemerná denná koncentrácia NO_x - predpokladané hodnoty v centre Považskej Bystrice, rok 2035

Fig. 7. The average daily concentration NO_x - forecast values in centre of Považska Bystrica, year 1995

Literatúra - References:

- [1] HLAVŇA, V., KUKUČA, P., STUHLÝ, V., ZVOLENSKÝ, P.: *Dopravný prostriedok a životné prostredie (Vehicle and environment)*, Edičné stredisko VŠDS v Žiline, 1996 (University of Žilina)
- [2] Zákon č. 127/1994 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie
- [3] Nariadenie vlády SR z 19. 3. 1996, ktorým sa vykonáva zákon č. 309/91 Zb. o ochrane ovzdušia pred znečisťujúcimi látkami
- [4] ĎURČANSKÁ, D.: *Diaľnica D1 Sverepec-Plevník-Drienove, Model znečistenia ovzdušia od automobilovej dopravy*, (Model of air pollution from automobile traffic) ZU Žilina, 1999 (University of Žilina)
- [5] HESEK, F.: *Cumulated pollution of the atmosphere in Bratislava*. Contributions of the Geophysical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Series of Meteorology, 9, 1989, p. 119-127.
- [6] Metodika výpočtu automobilového znečistenia ovzdušia (The method of road traffic air pollution calculation), MZP SR, Bratislava 1993, pp. 18