



Ministerstvo dopravy

Český spolek pro péči
o životní prostředí



Ministerstvo zdravotnictví ČR

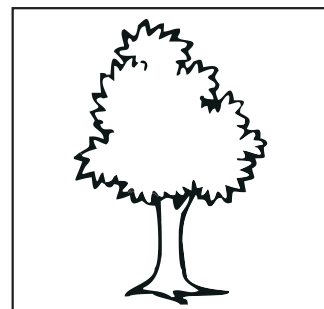


pracovní skupina
Charty o dopravě, životním prostředí a zdraví
při Radě pro zdraví a životní prostředí

II. konference

DOPRAVA, ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Sborník přednášek



Lázně Bohdaneč
3. - 4. říjen 2006

SBORNÍK

příspěvků II. konference

„Doprava, zdraví a životní prostředí“

Lázně Bohdaneč, 3.-4. 10. 2006

Pořadatelé:

Centrum dopravního výzkumu
Český spolek pro péči o životní prostředí

Záštitu převzali:

Ministerstvo dopravy
Ministerstvo životního prostředí
Ministerstvo zdravotnictví
Státní zdravotní ústav
Pracovní skupina Charty o dopravě, životním prostředí
a zdraví při Radě vlády pro zdraví a životní prostředí

Mediální partner:



Za obsahovou a jazykovou stránku jednotlivých příspěvků odpovídají jejich autoři.

© 2006, Centrum dopravního výzkumu
ISBN 80-86502-33-3

Program konference

3. října 2006

- 12,30 Prezentace účastníků
- 13,00 **Zahájení** - Ing. O. Křištofiková (MD ČR), Ing. P. Šoukal, CSc. (CDV)
- 13,20 **Indikátory životního prostředí, monitoring, emisní inventury a prognózy**
(moderátor: Ing. Vladimír Adamec, CSc. - CDV)
Mgr. J. Kovanda (COŽP)
Co, jak a pro koho – aneb kritéria tvorby indikátorů životního prostředí
Ing. J. Jedlička (CDV)
Indikátory udržitelné dopravy
Ing. J. Pospíšil (VUT)
Numerické modelování rozptylu suspendovaných částic v městské zástavbě
Ing. P. Machálek (ČHMÚ)
Emisní inventury a podíl dopravy na znečišťování ovzduší
- 14,30 Přestávka
- 14,45 **Metodické postupy stanovení zátěže životního prostředí z dopravy**
(moderátor: prof. MUDr. V. Bencko, DrSc. - 1. LF UK)
Ing. I. Drahotský, PhD. (UPCE)
Konkurence v oblasti dopravy a postavení železnice
Mgr. J. Dufek (CDV)
Metodika stanovení emisí znečišťujících látek z dopravy
Ing. R. Cholava (CDV)
Stanovení hlukové zátěže z dopravy
RNDr. J. Huzlík (CDV)
Hodnocení kvality vod a horninového prostředí v okolí dopravních sítí
- 16,00 Občerstvení
- 16,15 **Ekonomická analýza dopadů zátěže životního prostředí z dopravy**
(moderátor: Mgr. J. Dufek - CDV)
Mgr. V. Máca (COŽP)
Externí náklady životních cyklů alternativních paliv v dopravě na příkladu bioethanolu a methyleteru řepkového oleje
Ing. J. Melichar (COŽP)
Výpočet externích nákladů z dopravy metodikou ExternE v podmínkách ČR
Ing. B. Kaplanová (CDV)
Ekonomická analýza dopadů zátěže dopravy na životní prostředí
- 17,15 **Předvedení autobusu na zemní plyn společnosti EKOBUS a.s.**
- 17,30 **Prohlídka hradu Kunětická Hora**
- 19,00 Návrat
- 19,30 **Společenský večer**

4. října 2006

- 8,00 Snídaně
- 9,00 **Environmentální a zdravotní rizika dopravy**
(moderátor: RNDr. J. Bendl, CSc. - MŽP ČR)
Prof. MUDr. V. Bencko, DrSc. (1. LF UK)
Dopravní emise a jejich vliv na zdraví
MUDr. R.J. Šrám, DrSc. (ÚEM AV ČR, ZÚ SČK)
Vliv znečištěného ovzduší na zdravotní stav populace
RNDr. B. Pokorný, CSc. (ZÚ Brno)
Kvantifikace zdravotních rizik z dopravy v některých městech Jihomoravského kraje
Ing. D. Potužníková (ZÚ Pardubice)
Vliv hluku z dopravy na zdraví
MUDr. H. Kazmarová (SZÚ, MZ ČR)
Doprava a zdraví - širší souvislosti
Ing. V. Adamec, CSc. (CDV)
Hodnocení zdravotních rizik v dopravě
- 10,45 Občerstvení
- 11,00 **Opatření směřující k omezení negativních vlivů dopravy**
(moderátor: Ing. L. Deylová - ČSPŽP)
RNDr. J. Bendl, CSc. (MŽP ČR)
Opatření směřující k udržitelné dopravě
RNDr. V. Mikulová (ČZU, ČSPŽP)
Minimalizace odpadů z dopravy
RNDr. D. Kvasničková, CSc. (KEV, ČSPŽP):
Doprava v ekologické výchově
Ing. P. Smékal (CDV)
Trendy náhrady konvenčních paliv v dopravě
Ing. K. Horníček, Ing. M. Dolejší (ŘSD)
Modelování dopravního proudu na vícepruhové komunikaci
Mgr. A. Tým (Národní síť Zdravých měst ČR)
Zdravá města, obce a regiony
- 12,45 **Závěr konference** (Ing. L. Deylová - ČSPŽP)
- 13,00 Oběd

Obsah

Indikátory životního prostředí, monitoring, emisní inventury a prognózy

<i>Co, jak a pro koho – aneb kritéria tvorby indikátorů životního prostředí</i>	7
PaedDr. T. Hák, PhD., Mgr. Jan Kovanda	
<i>Indikátory udržitelné dopravy</i>	15
Ing. J. Jedlička, Ing. V. Adamec, CSc.	
<i>Numerické modelování rozptylu suspendovaných částic v městské zástavbě</i>	21
Ing. J. Pospíšil, PhD., Prof. Ing. M. Jícha, CSc.	
<i>Emisní inventury a podíl dopravy na znečišťování ovzduší</i>	27
Ing. P. Machálek	

Metodické postupy stanovení zátěže životního prostředí z dopravy

<i>Konkurence v oblasti dopravy a postavení železnice</i>	33
Ing. I. Drahotský, PhD.	
<i>Metodika stanovení emisí znečišťujících látek z dopravy</i>	35
Mgr. J. Dufek	
<i>Stanovení hlukové zátěže z dopravy</i>	39
Ing. R. Cholava	
<i>Hodnocení kvality vod a horninového prostředí v okolí dopravních sítí</i>	45
RNDr. J. Huzlík, Ing. V. Jandová, RNDr. J. Švanda, Ing. V. Adamec, CSc.	

Ekonomická analýza dopadů zátěže životního prostředí z dopravy

<i>Externí náklady životních cyklů alternativních paliv v dopravě na příkladu bioethanolu a methyleteru řepkového oleje</i>	51
Mgr. V. Máca	
<i>Výpočet externích nákladů z dopravy metodikou ExternE v podmínkách ČR</i>	57
Ing. J. Melichar	
<i>Ekonomická analýza dopadů zátěže dopravy na životní prostředí</i>	65
Ing. B. Kaplanová, Ing. Stanislav Kutáček, Ing. Jana Vlčková, Bc. Viktor Šeďa	

Environmentální a zdravotní rizika dopravy

<i>Dopravní emise a jejich vliv na zdraví</i>	71
Prof. MUDr. V. Bencko, DrSc., MUDr. M. Tuček, CSc., MUDr. Mgr. J. Petanová, CSc., MUDr. L. Novotný	
<i>Vliv znečištění ovzduší na zdraví obyvatelstva</i>	81
MUDr. R.J. Šrám, DrSc.	
<i>Kvantifikace zdravotních rizik z dopravy v některých městech Jihomoravského kraje</i>	83
RNDr. B. Pokorný, CSc.	
<i>Hodnocení zdravotních rizik v dopravě</i>	91
Ing. V. Adamec, CSc. RNDr. B. Pokorný RNDr. J. Huzlík, Mgr. R. Ličbinský	

Opatření směřující k omezení negativních vlivů dopravy

<i>Opatření směřující k udržitelné dopravě</i>	95
RNDr. J. Bendl, CSc.	
<i>Minimalizace odpadů z dopravy</i>	101
RNDr. V. Mikulová	
<i>Doprava v ekologické výchově</i>	107
RNDr. D. Kvasničková, CSc.	
<i>Trendy náhrady konvenčních paliv v dopravě</i>	111
Ing. P. Smékal	
<i>Modelování dopravního proudu na vícepruhové komunikaci</i>	117
Ing. K. Horníček, Ing. M. Dolejší	
<i>Zdravá města, obce a regiony</i>	125
Mgr. A. Tým	

Posterové prezentace

<i>Analýza produkcie emisií CO₂ z dopravy v Slovenskej republike</i>	131
Ing. V. Konečný, Ph.D.	
<i>Podíl dopravy na znečištění ovzduší Jihomoravského kraje</i>	137
Mgr. R. Skeřil, Ing. Zdeněk Elfenbein, Ing. J. Vaněk, Ing. J. Rožnovský, CSc.	
<i>Prevence dopravních úrazů – základ bezpečné dopravy</i>	139
MUDr. L. Skálová	

Doprovodný program

<i>Ekobus</i>	141
<i>Hrad Kunětická hora</i>	143

Co, jak a pro koho – aneb kritéria tvorby indikátorů environmentální udržitelnosti

Tomáš Hák, Jan Kovanda

*Centrum pro otázky životního prostředí, Univerzita Karlova v Praze
U Kříže 8, 158 00, Praha 5*

e-mail: tomas.hak@czp.cuni.cz; jan.kovanda@czp.cuni.cz

Abstrakt

People – public as well as politicians – face colossal amount of often antipodal information on the state of the world. A number of intergovernmental organizations and national governments, but also regional and local authorities, local communities, business organizations, other economic actors, academic institutions and NGOs of many kinds, are currently developing and using sustainability indicators. At present, hundreds of different indicators have been suggested and are used in many varied contexts, by different users and for diverse purposes. Specific indicators exist for all "pillars" of sustainable development as well as for interlinkages among them. While sustainability indicators are used ever more extensively and intensively by a wide range of users and in many different contexts, it does not necessarily follow that they are scientifically sound and/or used appropriately. There has been no agreement or consensus on a common set of scientific and management criteria for evaluating indicators from several points of view (e.g. reliability of supporting data, scientific rigor of definitions of indicators, validity of underlying assumptions and concepts, relevance of positive or negative trends for sustainable development). The scientific community now faces an urgent task: to analyze and evaluate the range of indicators presently used by a great number of institutions and decision makers at all levels, especially as regards the sets of questions or criteria against which indicators can be measured/evaluated. The article discuss possible structure of such evaluation criteria and shows examples of the "target" criterion.

1. Úvod

Jedni tvrdí, že se stav světa zhoršuje - bohatství přírody je ochuzováno, obnovitelné zdroje jsou exploatovány nad míru jejich schopnosti obnovy, ovzduší, voda, půda a potravní řetězce jsou znečišťovány nebezpečnými chemikáliemi nad míru bezpečnou pro lidské zdraví a pro existenci četných organismů, znečištění ovzduší ve městech narůstá a přímo ohrožuje zdraví a životy lidí, znečištění moří i pobřežních oblastí se rovněž permanentně zhoršuje, korálové útesy jsou destruovány chemikáliemi v odpadních vodách. Jiní argumentují, že lidská populace roste, ale pomaleji, než předpovídali pesimisté; základních surovin neubývá, a pokud ano, na obzoru se rýsují náhrady; globální rozloha lesů se zmenšuje jen pomalu a v některých oblastech lesů přibývá; ovzduší a voda ve vyspělém světě jsou stále čistější, dokonce i v rozvojových zemích se objevují náznaky zlepšení (Lomborg, 2001). Vyznat se v tak protichůdných názorech (jsou-li navíc založeny na znalostech z mnoha vědních disciplín) není jednoduché pro odborníka, natož pro laika.

Recept je na první pohled jednoduchý – úsudky založit na co největším množství objektivních informací a jejich poctivé interpretaci. Přes časté nářky na nedostatek dat a informací se zdá, že informací o životním prostředí je dostatek a jsou k dispozici (tzn. mohou být snáze či hůře dostupné, ale v podstatě platí, že se dají získat) (COŽP, 1998). Platí to i pro Českou republiku – při auditu kvality více než

200 datových a informačních zdrojů existujících v resortu životního prostředí se ukázalo, že 79 % vykazuje vysokou hodnotu z hlediska jejich národního i mezinárodního využití (MŽP, 2000).

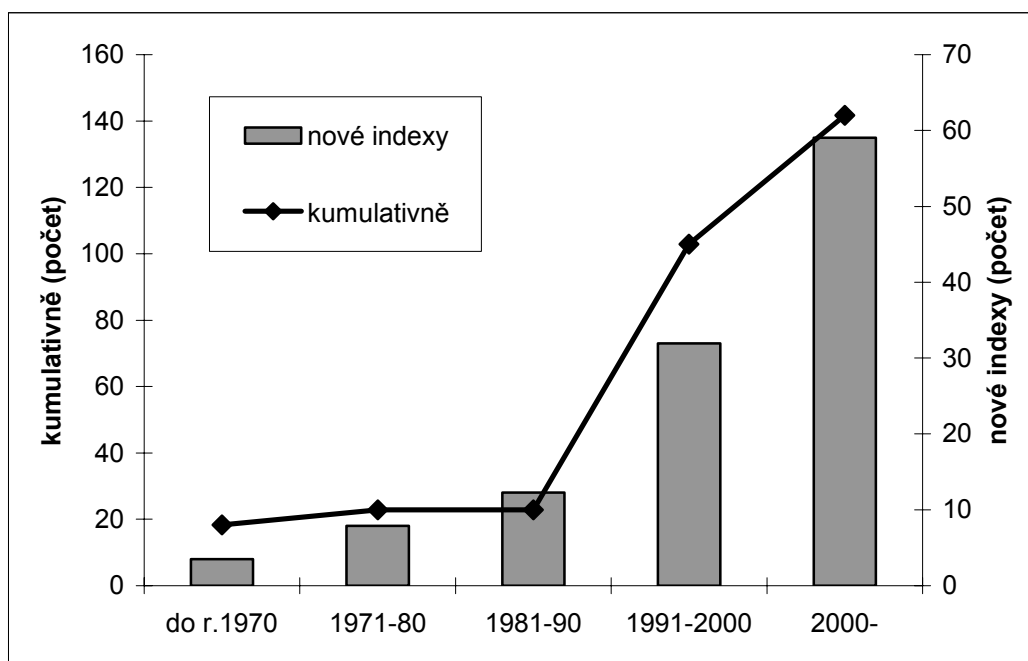
Na úvod nutno ještě zdůraznit, že zájem i znalosti autorů jsou omezeny na několik málo environmentálních témat. Přes to, že pro tvorbu a aplikaci indikátorů platí i některé obecné principy, zdálo se nám rozumné pro účely této práce definovat širší jevy a témata, které lze zkoumat pomocí indikátorů, jako oblast *environmentální udržitelnosti*. V poslední době (a závěry johannesburské konference to potvrdily) je životní prostředí chápáno jako jeden z pilířů udržitelného rozvoje. Tento širší pohled nijak nesnižuje význam ochrany životního prostředí jako takového, naopak klade důraz na propojení environmentálního pilíře s pilířem ekonomickým a sociálním (eventuálně ještě institucionálním). Environmentální udržitelnost tedy nazýváme environmentální pilíř rozšířený o vazby na pilíře ostatní, přičemž přesná definice tohoto termínu neexistuje. Bere však v potaz specifické uplatnění zřetele ochrany životního prostředí, přírody a přírodních zdrojů se zdůrazněním vazeb a přesahů na potřebu ekonomického rozvoje, sociální přijatelnost, institucionální proveditelnost a další aspekty společenského rozvoje.

2. Indikátory environmentální udržitelnosti

V současné době se datům a informacím environmentální udržitelnosti věnuje na celém světě mimořádná pozornost (Moldan, 2000). Ještě nedávno se v této souvislosti zájem zaměřoval hlavně na oblast životního prostředí. Ten vzrostl po Stockholmské konferenci v roce 1972, která může být pokládána za mezník nejen v celkovém vnímání otázek životního prostředí, ale i v oblasti informací o životním prostředí. Stockholmská konference doporučila OSN, aby zřídila Program pro životní prostředí (UNEP), který mj. provozuje systém GEMS (Globální environmentální monitorovací systém). Ten má řadu dílčích programů, jedním z nich je například GRID (Globální informační databáze zdrojů). Podobně jako byla významným předělem konference ve Stockholmu v roce 1972, znamenala mezník i konference UNCED v Riu de Janeiro v roce 1992. Mezinárodní společenství se zde shodlo, že ochrana životního prostředí je součástí širšího úsilí o udržitelný rozvoj. Proto se prakticky všechny systémy a všechny organizace, které se těmito systémy zabývají ať už v mezinárodním nebo v národním měřítku, začaly zajímat nejen o údaje z oblasti životního prostředí, ale o širší rámec vymezený problematikou udržitelného rozvoje. Hlavní práce v rozvoji informací pro udržitelný rozvoj se ujala nově zřízená Komise OSN pro trvale udržitelný rozvoj. Vedle OSN se indikátory zabývá rovněž Evropská unie – jednak má svoji Statistickou kancelář (EUROSTAT), od r. 1994 také funguje její Agentura pro životní prostředí se sídlem v Kodani. Ta pravidelně vydává publikace hodnotící evropské životní prostředí založené zejména na kvantitativních informacích.

V současné době je nejrůznějších dat a informací o environmentální udržitelnosti jak na globální, tak i národní úrovni velké množství (Guinomet, 1999; Moldan and Billharz, 1997). Obrázek 1 dokumentuje nárůst počtu indexů (tzn. agregovaných indikátorů, nikoliv dat a jednoduchých indikátorů), na jejichž základě je možné stanovovat pořadí zemí v různých oblastech rozvoje (Bandura, 2005).

Obr. 1: Počty indexů rozvoje, 1970 – současnost



Zdroj: UNDP

Přes stálou potřebu zlepšování kvality dat i použitých metodologických postupů je environmentální reporting ve specifických tématech ochrany životního prostředí do velké míry standardizován a zaběhnut (např. stav a vývoj složek prostředí jako jsou ovzduší, voda, půda, horninové prostředí ad.). Tato témata pro informační a analytické potřeby využívají zejména indikátory zátěže a stavu (podle rámce hnací síla-zátěž-stav-dopad-odezva), jako např. emise do ovzduší a vod, těžba nerostných surovin, spotřeba energetických surovin, kvalita povrchových a podzemních vod, kvalita ovzduší, ad. Vedle těchto „klasických“ indikátorů jsou rovněž důležité vzájemné vazby mezi nimi (mezi oblastí ekonomickou, sociální a environmentální nebo v rámci životního prostředí vazby mezi jednotlivými složkami a oblastmi životního prostředí). Rovněž jsou důležité vazby formálního charakteru, jako například kauzální vztahy mezi indikátory vlivu, stavu a dopadu. Zdá se, že na naléhavosti nabývá vývoj indikátorů schopných informovat o dopadech lidských aktivit na zdraví lidí, ekosystémů i ekonomiku. Příklady indikátorů pro vazby ekonomicko-environmentální a socio-environmentální uvádí tabulka 1.

Tab. 1: Indikátory pro ekonomicko-environmentální a socio-environmentální vazby

Ekonomicko-environmentální	
Téma	Indikátory
Minimalizovat zátěž životního prostředí: zlepšit produktivitu zdrojů (materiály, energie, prostor)	TMC/HDP ¹ , produktivita vzorce využití území, energie
Minimalizovat ekonomické škody: snížit náklady spojené s environmentální degradací	škody ze znečištění/HDP; dodatečné náklady na zmírnění/HDP, náklady na zamezení/HDP
Minimalizovat dopady na zdraví a životní prostředí: minimalizovat rozšiřování známých (eko)toxických látek	Nutný výzkum kvalitativních indikátorů

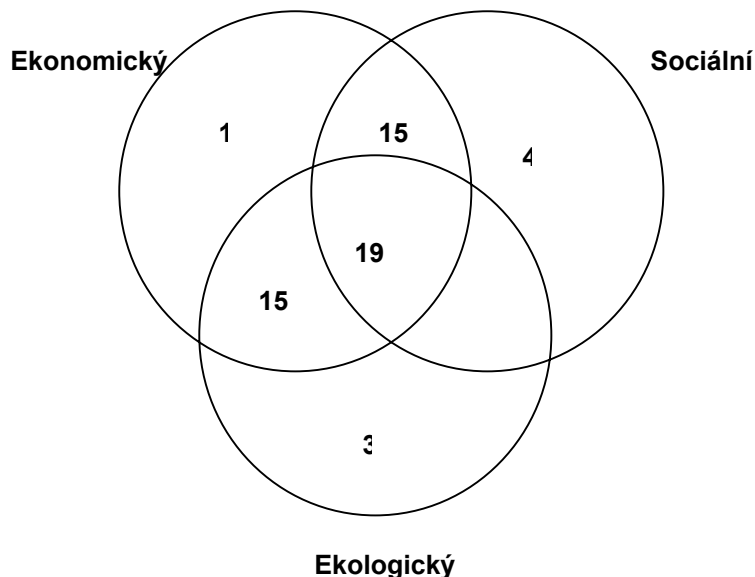
¹ TMC je indicator odvozený z analýzy materiálových toků “Celková materiálová spotřeba” (Total Material Consumption)

Socio-environmentální	
Téma	Indikátory
Spravedlivý přístup k vodě, jídlu, a přírodním zdrojům	Indikátor specifický pro danou zemi
Poskytovat zdravý a bezpečný úkryt	% populace žijící v podmínkách neodpovídající standardu, počet obydlí hodnocených jako nevhodných
Přepracovat požadavek spotřeby zdrojů; environmentální dopad spotřeby domácností	MIPS ² (včetně ruksaků) spotřebního koše
Zajistit environmentální kvalitu pro zdraví všech lidí	Roky ztracené kvůli problémům s environmentálním zdravím (z očekávané délky života)

Zdroj: The Pignans Set of Indicators

Dlouhodobě se ukazuje, že právě pro postižení vazeb mezi jednotlivými oblastmi je indikátorů málo. Na toto téma vznikají v současnosti celé výzkumné projekty (Giljum 2005). Obrázek 2 ukazuje rozmístění indikátorů používaných Eurostatem do pilířů udržitelného rozvoje. Je zřejmé, že pozornost je věnována právě oblastem, kde se dvě nebo více oblastí překrývá. Nejde tedy o to zjistit „pouze“ zdali se např. zlepšuje kvalita ovzduší, ale zdali má toto zlepšení dopad v podobě menšího počtu nemocných či zemřelých, s jakou finanční efektivností se toto zlepšení uskutečnilo apod. Z obrázku je také zřejmé, že přes veškeré výzkumné úsilí se nedaří vyvinout indikátory postihující soci-environmentální oblast.

Obr. 2: Integrace pilířů udržitelného rozvoje – počet indikátorů navržených Eurostatem pro hodnocení udržitelnosti EU v jednotlivých segmentech (Eurostat, 2005).



Zdroj: Eurostat

² MIPS – materiálová spotřeba na jednotku služby (*material intensity per service unit*)

3. Jak poznat „dobrý“ indikátor

Již v úvodu jsme naznačili, že správná orientace v houšti čísel a informací je snadná jen na první pohled. Ve skutečnosti je nutné vytvořit systém, který nám dobré indikátory napomůže rozeznat.

Mají-li být indikátory použitelné, musí splňovat řadu kritérií. Jako kritérium chápeme rozlišovací znak, který můžeme použít pro srovnávání a posuzování. Mezi hlavní patří *významnost, správnost, reprezentativnost, měřitelnost, dostupnost dat, náklady a užitek, spolehlivost, srovnatelnost, průhlednost, pochopitelnost, výpovědní schopnost, načasování* (Moldan and Billharz, 1997, EPA 2000). Mají-li být tedy indikátory použitelné v rozhodovacím procesu, měly by jistě splňovat výše uvedená kritéria. Ta jsou do velké míry obecná a platí pro většinu (všechny) indikátory environmentální udržitelnosti. Kritéria však nejsou stejného významu ani stejné úrovně – zatímco např. požadavek správnosti či průhlednosti by měl být splněn beze zbytku (možno ověřit), jiná kritéria mohou záviset na úsudku zpracovatele (načasování, pochopitelnost). Pro hodnocení indikátorů z hlediska jejich možné úspěšnosti ve veřejné politice je vhodné výše uvedená kritéria seskupit do tří „agregovaných“ kritérií: *významnosti, důvěryhodnosti a legitimacy*. Každé toto agregované kritérium se dále sestává z několika dílčích kritérií:

I. Významnost.

- (i) Především jde o samotné cíle udržitelného rozvoje, mezi něž patří:
 - V 1. Naplnění sociálních cílů: odstranění chudoby, osobní bezpečnost, adekvátní příbytek, sociální spravedlivost a uznání, zdraví.
 - V 2. Ekonomický rozvoj: hospodářský růst, dosažení slabé a silné udržitelnosti (zachování přírodního kapitálu), rozvoj světového obchodu na spravedlivých principech.
 - V 3. Environmentální rozměr: zachování služeb přírody (kritické zátěže) uchování biodiverzity).
 - V 4. Rovnováha mezi „pilíři“: rozvoj žádného z nich se nesmí dít na úkor jiného, indikátory „decouplingu“.
- (ii) Dále jde o vztah konkrétních indikátorů k těmto cílům:
 - V 5. Jasnost a jednoznačnost vazby k jednotlivým cílům udržitelného rozvoje, ať už přímá nebo nepřímá.
 - V 6. Schopnost indikátoru zachytit vývoj v čase, ukázat časové trendy.
 - V 7. Schopnost indikátoru postihnout rozdíly mezi entitami, které se srovnávají (země, města, hospodářské sektory ap.).
 - V 8. Možnost posoudit vzdálenost k cílům, pokud jsou nějakým nezávislým procesem kvantitativně stanoveny.

II. Důvěryhodnost

- (iii) Ve vztahu k výchozím datům:
 - D 1 – Do jaké míry je zaručena správnost a přesnost dat, jaká je míra jejich nejistoty.
 - D 2 – Data a jiné potřebné informace jsou získány s určitými náklady, za určitých podmínek (existence kapacit atd.), někdy s nenulovým (pozitivním nebo negativním vlivem na zkoumané objekty).
 - D 3 – Data jsou různě reprezentativní pro daný objekt.

- (iv) Co do metodologie pořízení jednotlivých indikátorů:
 - D 4 – Metodika jasná, jednoznačná, statisticky a jinak prověřená, osvědčená, správná, prokázaná.
 - D 5 – Metodika unifikovaná, dovolující provádět analýzy časových trendů, srovnání geografických jednotek apod.
 - D 6 – Indikátor má jasný výstup (fyzikální nebo chemická jednotka, podíl, pořadí atd.).
- (v) Pokud jde o agregovaný indikátor:
 - D 7 – Způsob agregace (hierarchie, použité statistické metody).
 - D 8 – Váhy jednotlivých komponent.
- (vi) Způsob prezentace indikátorů
 - D 9 – Jasnost a úplnost prezentace.
 - D 10 – Snadná pochopitelnost a názornost.

III. Legitimita

- (vii) Ve vztahu k uživatelům a zainteresovaným skupinám (stakeholderům):
 - L 1 – Jasný důvod prezentace indikátorů
 - L 2 – Přijatelnost indikátoru pro uživatele
 - L 3 – Legitimita instituce, která indikátory pořizuje.
- (viii) Vazba na společenský rozhodovací proces:
 - L 4 – Vztah k jednotlivým fázím procesu
 - L 5 – Determinace místní a časová
 - L 6 – Vazba na politický proces.
- (ix) Legitimita dat a metodiky
 - L 7 – Data získána legálně
 - L 8 – Celý proces pořizování indikátorů od získání dat po jejich prezentaci je transparentní
 - L 9 – Metodika pořizování i prezentace indikátorů je uživateli obecně (nebo převážně) přijímána.

4. K čemu jsou kritéria

Kritéria nejsou ve tvorbě indikátorů nic nového (Parris and Kates, 2003). Většina autorů uvádí, že vstupní data musí být přesná, konstrukce indikátoru musí být založena na vědecky založeném konceptu apod. Aby však kritéria – jako rozlišovací či porovnávací hlediska – mohla být aplikována na srovnání vybraných indikátorů, je nutné je převést z obecných pojmů do roviny sledovatelných znaků.

Vezmeme-li za příklad kritérium významnosti, je nutno nejdříve definovat jeho obsah. Indikátory musí být užitečné svým potenciálním uživatelům, musí tedy obsahovat informaci, která je významná pro rozhodující činitele na kterékoliv úrovni. Například indikátory, jež se užívají na národní úrovni, musí mít vztah k politice vlád a jiných celostátních institucí. Musí mít přímý vztah k jednotlivým opatřením a politice v dané oblasti. Jedno z dílčích kritérií pak stanoví, že by měla existovat možnost posoudit vzdálenost zjištěných hodnot indikátoru k cílům, pokud jsou tyto nějakým nezávislým procesem kvantitativně stanoveny. Z hlediska jednoznačnosti interpretace a hodnocení indikátorů je tedy třeba, aby bylo možné hodnoty indikátoru

interpretovat v kontextu cílů stanovených mimo samotný indikátor. Těmito „cíli“ mohou být různé limity, standardy, kritické zátěže apod.

Tyto druhy cílů je třeba zásadně rozlišovat. Z hlediska jejich závaznosti a tudíž i vymahatelnosti lze cíle dělit na:

- „tvrdé“ – některé mez. závazky, emisní či imisní limity zakotvené v zákonech, nejvyšší přípustné koncentrace určené hygienickými vyhláškami apod.). Definitivní hodnoty těchto cílů jsou stanoveny na základě vědeckých podkladů v rámci politického procesu, ať již na úrovni mezinárodních jednání nebo národního zákonodárného postupu. Dodržování těchto limitů lze vymáhat (sankce různého typu).
- „měkké“ – různá doporučení, indikativní cíle vyjadřující žádoucí či podporovaný směr rozvoje (např. Rozvojové cíle tisíciletí vytyčené OSN). Takové cíle mohou být stanoveny jak v rámci politických jednání, tak jako neformální návrhy a doporučení. Obvykle tyto měkké limity nelze vymáhat, je možné pouze apelovat na jejich dodržování.

Z hlediska metodologického lze pro stanovení cílů rozlišit několik přístupů. *Limity, standardy, prahové hodnoty* a podobné referenční hodnoty jsou založeny na vědeckých poznacích, v konečné fázi vždy vznikají v rámci společenského rozhodovacího procesu. Jsou to politicky stanovené hodnoty, které ale vždy vycházejí z nejlepších dostupných znalostí, na jejichž základě se dá s jistou pravděpodobností stanovit míra rizika. Podstatné však je, že dosažení určitých cílových hodnot toho typu ještě nemusí znamenat dosažení udržitelného stavu. Přesto je jejich použití častější než použití tzv. referenčních hodnot udržitelnosti. *Referenční hodnoty udržitelnosti* (Sustainable Reference Values) lze aplikovat v případě některých environmentálních (čerpání obnovitelných zdrojů) nebo demografických (míra porodnosti) indikátorů, kdy lze stanovit velikost tzv. udržitelného výnosu nebo udržitelnou míru reprodukce populace (<http://star.eea.eu.int/>). Úspěšným příkladem je metoda *kritických zátěží* (Critical Loads), která umožňuje stanovení velikosti kritických zátěží kyselou atmosférickou depozicí nebo eutrofizujícími sloučeninami (Posch et al. (eds.), 2003). Touto metodou lze objektivně určit nejvyšší dávku znečišťující látky, která ještě nezpůsobí chemické změny vedoucí k dlouhotrvajícím škodlivým účinkům na strukturu a funkci ekosystému. Ve všech případech je nutná pečlivá interpretace výsledků, která by měla zahrnovat i hodnocení dalších souvisejících indikátorů, specifických jevů nebo podmínek, které mohou způsobit místní nebo epizodní výchyly trendů, apod.

Podobně je nutné rozebrat další kritéria a jejich součásti. Co se týká *důvěryhodnosti*, indikátory musí být spolehlivé z analytického hlediska, musí být založeny na vědou ověřitelné teorii. Teoretický základ indikátoru musí být jasně popsán a odůvodněn a přijat vědeckou obcí jako správný. Tento proces vědecké verifikace probíhá v rámci odborných diskusí, oponentních řízení, na stránkách vědeckých časopisů apod. Předpoklady, použité modely, či teoretické rámce, ale také metodika konstrukce indikátoru musí být objektivní, tedy nezávislé např. na testovací osobě. Důvěryhodnost je kritériem, na kterém ztroskotává velká část pokusů o soubor spolehlivých indikátorů (arbitrární výběr, nejednoznačně přijímané předpoklady, apod.). Co se týká *legitimity*, nejedná se o něco lehce a rychle získatelného, ale spíše o postupný proces (jak je v oblasti sociální vidět na případu

Indexu lidského rozvoje³). Zdá se, že pokud vědecká komunita vyvine významné a důvěryhodné indikátory environmentální udržitelnosti, ty pak v průběhu času získají i patřičnou legitimitu.

5. Směry další práce

V době psaní tohoto příspěvku jistě probíhají práce na nových indikátorech. Bylo by žádoucí, aby jejich další osud – tedy zdali se začnou používat pro rozhodování nebo zůstanou v podobě článků ve vědeckých žurnálech – do značné míry ovlivnilo posouzení pomocí sad kritérií. Ty by měly posoudit zejména jejich *významnost, důvěryhodnost a legitimitu*. Domníváme se, že pozornost „indikátorové“ vědecké komunity by nyní měla být zaměřena právě na vytvoření systému hodnocení vlastní práce, namísto produkce dalších indikátorů.

Literatura

- [1] Bandura, R. (2005): Measuring Country Performance and State Behavior: A Survey of Composite Indices. Prepared for the Book Project The New Public Finance: Responding to Global Challenges. UNDP.
- [2] COŽP (1998): Zázpis ze semináře „Informace o životním prostředí“, Centrum pro otázky životního prostředí UK, Seč, červen 1998 (nepublikováno)
- [3] EEA, Sustainable Reference Values database: <http://star.eea.eu.int/>
- [4] EPA (2000): Evaluation Guidelines For Ecological Indicators. EPA/620/R-99/005, US EPA, 109 pp.
- [5] Eurostat (2005): Measuring progress towards sustainable Europe. European Commission.
- [6] Giljum, S., Hak, T., Hinterberger, F. and Kovanda, J. (2005): Environmental governance in the European Union: strategies and instruments for absolute decoupling. *Int. J. Sustainable Development*, Vol.8., Nos.1/2, pp. 31-46.
- [7] Guinomet, I. (1999): The relationship between indicators of sustainable development. An overview of selected studies (Fifth expert group meeting on Indicators of Sustainable Development, New York, 7-8 April 1999). 183 pp
- [8] Lomborg, B. (2001): The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World. Cambridge University Press.
- [9] Moldan, B. (2000): Indikátory trvale udržitelného rozvoje. Univerzita Karlova v Praze.
- [10] Moldan, B. and Billharz, S. (1997): Sustainability Indicators. SCOPE Volume 58. Willey, 414 pp.
- [11] MŽP (2000): Katalog datových a informačních zdrojů. MŽP, Phare projekt „Vytvoření metainformačního systému pro aproximaci, 220 s.
- [12] Parris, T.M. and Kates, R.W. (2003): Characterizing and Measuring Sustainable Development. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 2003. 28:13.1–13.28
- [13] Posch, M. et al. (eds.) (2003): Modelling and Mapping of Critical Thresholds in Europe. RIVM Report no. 259101013/2003.

³ Human Development Index

Udržitelný rozvoj a doprava

Jiří Jedlička, Vladimír Adamec
Centrum dopravního výzkumu
Líšeňská 33a, 636 00 Brno
e-mail: jiri.jedlicka@cdv.cz

Abstrakt

In first part of paper is presented idea of sustainable development, his fundamental principles and brief historical evolution. This part is ending information about The Czech Republic Strategy for Sustainable Development (SUR), which was adoption by governments on December 2004. Following part is presented guides of sustainable transport including description of indicators, which characterize direction of transport development.

1. Udržitelný rozvoj

Současný industriální model ekonomiky vznikl historicky v jiných ekonomických, společenských a civilizačních podmínkách, v čase, kdy byl zdánlivě dostatek zdrojů i prostoru pro neomezený růst, jejich neomezenou spotřebu a neomezenou produkci odpadů. V současnosti však již lidstvo naráží a překračuje limity nosné kapacity planety a tento ekonomický systém se stává neudržitelným. Koncepce udržitelného rozvoje představuje alternativní model rozvoje společnosti, který odpovídá nové situaci současného světa, který se v posledních desetiletích radikálně proměnil. Před vznikem koncepce udržitelného rozvoje chyběla ve společnosti reflexe přirozených environmentálních limitů hospodářského růstu. Hospodářský růst byl obecně považován za měřítko rostoucího blahobytu a úspěšného společenského rozvoje vůbec. Již brzy po nástupu průmyslové revoluce (19. století) se však ozývaly hlasy ekonomů a demografů (Thomas R. Malthus, David Ricardo nebo John S. Mill) o nemožnosti neomezeného ekonomického růstu (zvláště pak, pokud je spojen s růstem počtu obyvatel). V 60. letech 20. století se objevuje nový pojem „Globální problémy“ (celosvětové problémy), jejichž naléhavost vynikla ve 20. stol. v souvislosti s globalizací lidské (zejména západní, konzumní) civilizace. Termín byl zaveden a posléze rozšířen zejména v souvislosti s činností Římského klubu. Římský klub byl založen v roce 1968 v Římě; sdružuje významné vědce, kulturní a politické osobnosti i představitele průmyslu. Teorie a metody Římského klubu vycházejí z předpokladu, že se lidstvo v současné době nachází v krizové situaci a že je třeba přistupovat ke zkoumání globálních problémů komplexně, s ohledem na vzájemnou provázanost všech částí životního prostředí Země. Tento vývoj názorů je v současné době dále rozvíjen, zejména ve vyspělých zemích, směrem ke zkvalitnění stránky rozvoje a v této souvislosti udržitelný rozvoj představuje nový rámec strategie civilizačního rozvoje. Ten vychází ze zprávy Komise OSN pro životní prostředí a rozvoj (Brundtlandt, 1987), která za udržitelný považuje takový rozvoj, který zajistí potřeby současných generací, aniž by bylo ohroženo splnění potřeb generací příštích, a aniž by se to dělo na úkor jiných národů. V české legislativě definici udržitelného rozvoje upravuje Zákon o životním prostředí č. 17/1992, ve znění pozdějších předpisů, jenž za trvale udržitelný rozvoj pokládá takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachová možnost

uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.

Světový summit o udržitelném rozvoji, který se konal v Johannesburgu v roce 2002 zdůraznil, že je nutné prosazovat takový rozvoj, který zajistí rovnováhu mezi třemi základními pilíři: sociálním, který respektuje potřeby všech, ekonomickým, pro udržení vysoké a stabilní úrovně ekonomického růstu a zaměstnanosti a environmentálním, pro účinnou ochranu životního prostředí a šetrné využívání přírodních zdrojů. Mezi základní principy udržitelného rozvoje patří: *propojení základních oblastí života* (ekonomické, sociální a životního prostředí); *dlouhodobá perspektiva* (každé rozhodnutí je třeba zvažovat z hlediska dlouhodobých dopadů, je třeba strategicky plánovat), *kapacita životního prostředí je omezená* (nejenom jako zdroje surovin, látek a funkcí potřebných k životu, ale také jako prostoru pro odpady a znečištění všeho druhu), *předběžná opatrnost* (důsledky některých našich činností nejsou vždy známy, neboť naše poznání zákonitostí fungujících v životním prostředí je stále ještě na nízkém stupni, a proto je na místě být opatrní), *prevence* (je mnohem efektivnější než následné řešení dopadů; na řešení problémů, které již vzniknou, musí být vynakládáno mnohem větší množství zdrojů), *kvalita života* (má rozměr nejen materiální, ale také společenský, etický, estetický, duchovní, kulturní a další, lidé mají přirozené právo na kvalitní život), *sociální spravedlnost* (příležitosti i zodpovědnosti by měly být děleny mezi země, regiony i mezi rozdílné sociální skupiny), *zohlednění vztahu "lokální - globální"* (činnosti na místní úrovni ovlivňují problémy na globální úrovni - vytvářejí je nebo je mohou pomoci řešit, platí i naopak), *vnitrogenerační a mezigenerační odpovědnost* (zabezpečení národnostní, rasové i jiné rovnosti, respektování práv všech současných i budoucích generací na zdravé životní prostředí a sociální spravedlnost), *demokratické procesy* (zapojením veřejnosti již od počáteční fáze plánování). Základním předpokladem dosažení udržitelného rozvoje je tzv. správné řízení věcí veřejných (angl. "good governance"), které obsahují deklarace a dokumenty OSN jako např.: "Millennium Declaration" (2000), závěry ze summitu v Johannesburgu (2002), a je založeno na pěti základních rysech: otevřenosti, zodpovědnosti a efektivnosti institucí, účasti veřejnosti na rozhodovacích a dalších procesech a na spojitosti strategií a konkrétních aktivit. Správné řízení - znamená transparentnost, zodpovědnost, bezúhonnost, vhodný management, efektivní a dostupné služby, závazek k partnerství a neustálý rozvoj institucí veřejné správy. Zohledňování všech aspektů rozvoje společenství (ekonomika, společnost, životní prostředí, kultura atd.) vede k takovým rozhodnutím, která podpoří udržitelný rozvoj společenství. Rozvoj nemusí vždy znamenat pouze zvyšování materiální úrovně. Udržitelný rozvoj však také neznamená omezovat materiální potřeby pod únosnou hranici, ale jde spíše o hodnotovou orientaci a s ní spojený styl života. Cesta k udržitelnému rozvoji je podle výše uvedené definice podmíněna kvalitou veřejné správy, kterou se na lokální a regionální úrovni zabývá místní Agenda 21.

Indikátory udržitelného rozvoje

Indikátor životního prostředí nebo udržitelného rozvoje je druh kvantitativní informace odvozený od primárních údajů, poskytující ucelenou a základní informaci o určitém jevu, který se týká životního prostředí nebo/a udržitelného rozvoje.

V rámci naplňování mezinárodních závazků k udržitelnému rozvoji byla v ČR zpracována a v prosinci 2004 usnesením vlády č. 1242 schválena Strategie udržitelného rozvoje ČR, která se stala základním dokumentem pro zpracování dalších materiálů koncepčního charakteru (sektorových politik, akčních plánů). Je

také důležitým východiskem pro strategické rozhodování v rámci resortů a mezinárodní spolupráce. Základní časový horizont strategie je rok 2014, některé úvahy a cíle však míří až do roku 2030. Monitoring a hodnocení naplňování cílů Strategie udržitelného rozvoje sleduje vláda ČR průběžně prostřednictvím souboru těchto indikátorů:

HDP na osobu	Celkový objem čistých investic	Saldo příjmů a výdajů veřejných rozpočtů	Saldo zahraničního obchodu
Produktivita práce na zaměstnaného	Materiálová náročnost HDP	Energetická náročnost HDP	Měrné emise skleníkových plynů
Podíl materiálově využitých komunálních odpadů	Spotřeba primárních energetických zdrojů na obyvatele	Podíl spotřeby obnovitelných zdrojů energie	Přepravní výkony v nákladní dopravě
Spotřeba průmyslových hnojiv	Vývoj populací vybraných pruhů ptáků	Obecná míra registrované nezaměstnanosti	Míra zaměstnanosti starších pracovníků
Očekávaná délka života při narození a ve věku 65 let	Populace žijící pod hranicí chudoby před a po sociálních transferech	Dostupnost veřejných služeb kultury	Nejvyšší dosažené vzdělání
Přístup k internetu	Celková zahraniční rozvojová spolupráce	Výkonnost soudů	Index vnímání korupce

Ekonomický pilíř	Environmentální pilíř	Sociální pilíř
------------------	-----------------------	----------------

2. Udržitelná doprava

Udržitelná doprava je taková doprava, která vytváří podmínky pro takové přemísťování osob a nákladů, které je na jedné straně funkční, bezpečné a ekonomické a na druhé straně není v rozporu s udržitelnou spotřebou přírodních zdrojů, snižuje zátěž životního prostředí a eliminuje negativní vlivy na lidské zdraví. Rozvoj dopravy a dopravních systémů je v jednotlivých zemích dlouhodobě plánován a realizován pomocí dopravních politik. Obecným cílem udržitelné dopravní politiky je vytvoření podmínek pro naplnění udržitelného rozvoje dopravy tak, jak je definován výše. Je zřejmé, že naplnění takového cíle je obtížným úkolem – doprava významně ovlivňuje ekonomickou, sociální i environmentální dimenzi života, je hluboce vrostlá do většiny hlavních složek společnosti a její extenzivní rozvoj se daří ovlivňovat ve většině zemí jen s největšími obtížemi. Možnými cestami jak ovlivnit rozvoj dopravy jsou:

- *jasná a akceptovatelná koncepce rozvoje dopravy* - základním strategickým dokumentem pro sektor dopravy kterým se řídí rozvoj dopravních systémů v ČR je Dopravní politika (viz http://www.mdcz.cz/cs/Strategie/Dopravni_politika/). Tato Dopravní politika byla schválena usnesením vlády č. 882 ze dne 13.července 2005. Cílem Dopravní politiky je sjednotit podmínky na dopravním trhu a vytvořit podmínky zajištění kvalitní dopravy v rámci udržitelného rozvoje. Hlavními prioritami Dopravní politiky jsou: zajištění rovných podmínek v přístupu na dopravní trh, kvalitní dopravní infrastruktura umožňující hospodářský růst, financování v sektoru dopravy, podpora rozvoje dopravy v regionech. Na uvedené priority navazují specifické cíle a konkrétní opatření k jejich realizaci. Dopravní politika bude dále rozpracována ve dvou sektorových dokumentech Generálním plánu rozvoje dopravní infrastruktury a Strategii podpory dopravní obsluhy území, které budou vládě předloženy ke schválení. Dopravní politika byla kladně vyhodnocena jako první strategický dokument na národní úrovni v České

republiky v rámci procesu posuzování vlivů na životní prostředí dle novelizovaného zákona o posuzování vlivů na životní prostředí, tzv. procesem SEA.

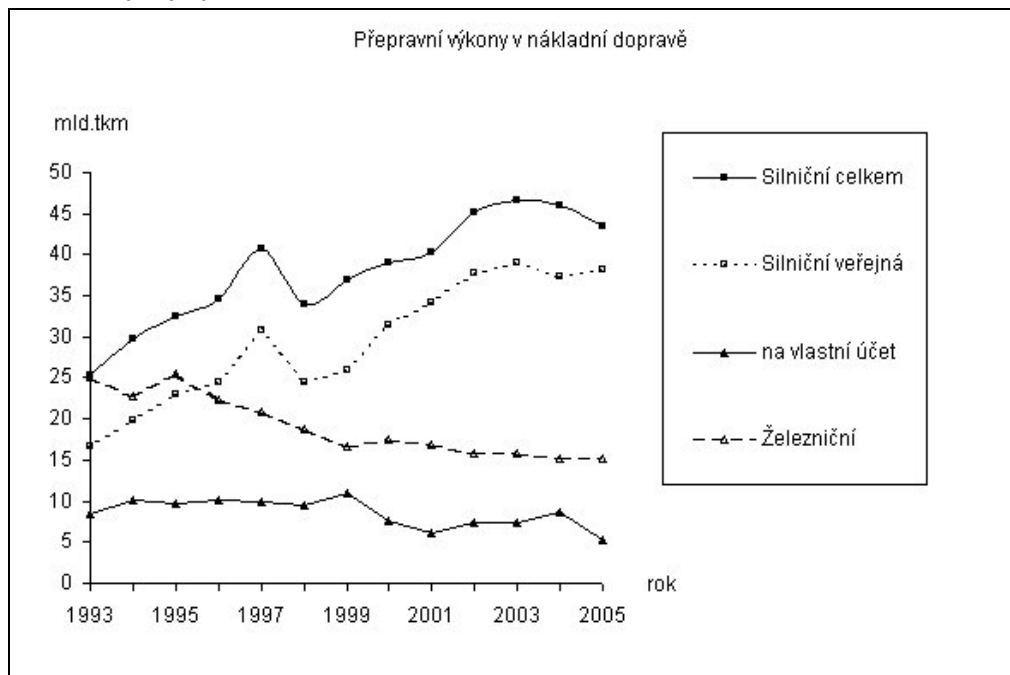
- *intermodální doprava* – jedná se o takový druh dopravy, která využívá při cestě od zdroje k cíli alespoň dva dopravní módy. Výběr vhodného módu dopravy je dán především vzdáleností mezi jednotlivými úseky cesty, např. pro delší vzdálenost je použita železnice a pro místní rozvoz je použita silnice. Podpora využívání intermodální dopravy a dělby přepravní práce mezi ekologicky šetrnější druhy dopravy je jedním ze základních principů nové dopravní politiky ČR;
- *integrované dopravní systémy, MHD a cyklistická doprava* – stále se zvyšující počet osobních vozidel a jejich využívání především na kratší vzdálenosti vede především v městských oblastech k tvorbě kongescí a přispívá výraznou měrou ke znečištění ovzduší. Při dobrém fungování integrovaných systémů lze v těchto městských oblastech přesunout podstatnou část přepravní práce ve prospěch MHD oproti IAD. Podpora zavádění integrovaných systémů hromadné dopravy osob ve městech a městských aglomeracích včetně využití kola jako dopravního prostředku ve městech je také prioritou nové dopravní politiky ČR. Z hlediska principů udržitelné dopravy je hromadná doprava osob a cyklistická doprava velmi šetrná k životnímu prostředí;
- *prosazování a využívání nových technologií v automobilovém průmyslu* - nový technologický výzkum a vývoj motorových vozidel je zaměřen především na redukcii emisí škodlivin, hluku a spotřeby energie, které dnes patří k rozhodujícím kritériím nejen pro hodnocení, ale i pro uvádění dopravních prostředků do provozu. Vývoj je zaměřen těmito hlavními směry: snižování emisí škodlivin a spotřeby energie ve zdroji – tj. hnací jednotce, a to cestou zdokonalování a elektronickým řízením pracovního cyklu, dále snižováním mechanických ztrát příp. řešením nových konstrukcí hnacích jednotek (využití vodíku, elektrifikace); vývoj přídatných zařízení, likvidujících škodliviny ve výfukovém traktu (katalytické systémy, zachycovače částic, recirkulační systémy) nebo přídatná ochranná zařízení omezující šíření hluku (katalytické systémy, zachycovače částic, recirkulační systémy, nové tlumící materiály); využívání alternativních paliv – v současné době bionafty, plynů (LPG, CNG), příp. metanolu a etanolu;
- *důsledná osvětová činnost* - osvěta, vzdělávání a výchova veřejnosti v oblasti životního prostředí je označována termínem environmentální výchova (EV). Obecně lze konstatovat, že cílem společnosti je vybudovat komplexně fungující systém environmentálního vzdělávání, výchovy a osvěty (EVVO), který se pozitivně projeví v jejím šetrnějším přístupu k ŽP. V důsledku takového chování by mělo dojít ke snížení nutných nákladů investovaných do odstraňování škod na ŽP, na kterých se doprava podílí významnou měrou.

Indikátory udržitelné dopravy

Význam dopravy v udržitelném rozvoji ČR zohledňuje Strategie udržitelného rozvoje ČR (SUR), jejíž součástí je soubor indikátorů. Pro oblast dopravy byl zvolen indikátor „Přepravní výkony v nákladní dopravě“. Sleduje vývoj realizovaných přepravních výkonů silniční, železniční, letecké a vodní dopravy v tunokilometrech. Tento indikátor odráží zvyšování požadavků na přepravu nákladů, které úzce souvisí s růstem ekonomiky. Vedle celkového přepravního výkonu se sleduje také struktura v rozdělení přepravní práce mezi jednotlivé dopravní obory, na níž závisí celkový negativní vliv nákladní dopravy na životní prostředí. Tím jsou zohledněny různé

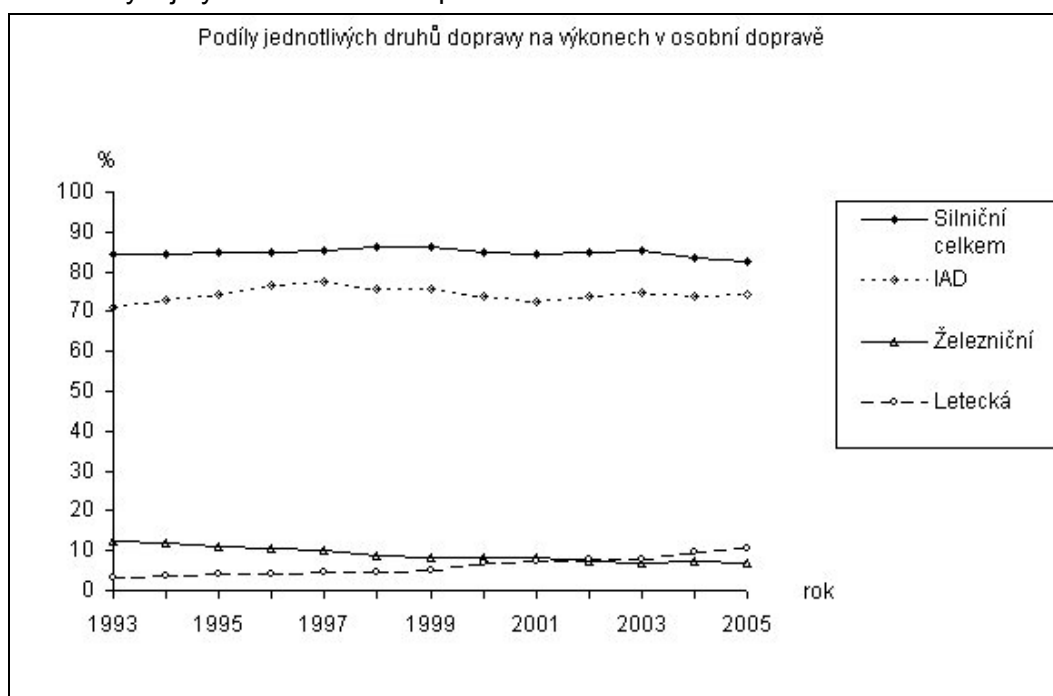
environmentální nároky jednotlivých druhů dopravy. Jak vyplývá z grafu 1, je od roku 1993 patrný nárůst silniční nákladní dopravy na úkor železniční dopravy.

Graf 1. Vývoj výkonů v nákladní dopravě na území ČR.



Jako rozšiřující indikátory pro sledování plnění strategických cílů uvedených v SUR v oblasti dopravy bylo vybráno těchto 5 indikátorů: hustota silniční a železniční infrastruktury, celkové výkony dopravy a přepravy podle druhu dopravního prostředku, podíl přepravních výkonů veřejné hromadné dopravy k osobní automobilové dopravě, podíl přepravních výkonů silniční nákladní dopravy k železniční nákladní dopravě, měrné výkony nákladní dopravy.

Graf 2. Vývoj výkonů v osobní dopravě na území ČR.



Pro podrobnější potřeby statistiky v sektoru dopravy slouží soubor indikátorů, který je každoročně publikován ve Studii o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí a v Ročence dopravy.

Literatura

- [1] ADAMEC, V., JEDLIČKA, J., DUFEK, J., DOSTÁL, I., ADAM, P., VLČKOVÁ, J. *Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2005*. Brno: CDV, 2006, 109 s. Dostupné též z < http://www.cdv.cz/text/szp/studie_mzsp/index.htm >
- [2] ADAMEC, V. et al. *Snižování účinků dopravy na životní prostředí (výzkumný záměr)*. Brno: CDV, 2003. 19 s. + přílohy 320 s. Dostupné z < <http://www.cdv.cz/text/szp/vz2004/p13.pdf> >
- [3] *Ročenka dopravy 2004*. Praha: MD ČR a Centrum dopravního výzkumu, 2005, 176 s. Dostupné z < <http://www.cdv.cz/rocenka2004/> >
- [4] *Strategie udržitelného rozvoje České republiky*. Praha: Úřad vlády ČR, 2004, 59 s. Dostupné z < http://wtd.vlada.cz/files/rvk/rur/sur_cr.pdf >
- [5] *Situační zpráva ke Strategii udržitelného rozvoje ČR*. Praha: Úřad vlády ČR, 2005, 140 s. Dostupné z < http://wtd.vlada.cz/files/rvk/rur/final_czech_verze_situacni_zprava_k_sur.pdf >
- [6] KUŠKOVÁ, P. *Česká republika 2003: Deset let udržitelného? rozvoje*. Praha: 2003. 72 s.
- [7] MOLDAN, B. *Ekologická dimenze udržitelného rozvoje*. Praha: Karolinum, 2001. 102 s. ISBN 80-246-0246-6
- [8] MOLDAN, B. *Světový summit o udržitelném rozvoji*. Praha: MŽP ČR, 2003. 168 s. ISBN 80-7212-234-7
- [9] BUNDTLANDT, G.H. *Our Common Future* (World Commission on Environment and Development report). New York, 1987.
- [10] MA21. [cit. 2005-12-19] Dostupné z < <http://www.ceu.cz/edu/ma21/ma21.htm> >

Numerické modelování rozptylu suspendovaných částic v městské zástavbě

Jiří Pospíšil, Miroslav Jícha

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav

Technická 2, 616 69 Brno

e-mail: pospasil.j@fme.vutbr.cz, jicha@fme.vutbr.cz

Abstrakt

In this paper authors introduce the basis of particulate matter dispersion modelling in urban areas. The paper is focused on dispersion of particulate matter originating from traffic. CFD code StarCD has been used as appropriate tool that is capable of correct velocity field prediction at small-scale numerical models. Different options of CFD technique and different approaches were tested. To simulate traffic, an original model developed previously by the authors is used that takes into account traffic density, speed of cars and number of traffic lanes.

1. Specifika popisu disperze suspendovaných částic

Zvýšený zájem o problematiku suspendovaných částic vyvolává potřebu nových modelových nástrojů schopných korektního popisu transportu suspendovaných částic. Městské oblasti silně zatížené suspendovanými částicemi představují specifickou oblast charakteristickou složitou geometrií povrchu a intenzivním provozem na pozemních komunikacích, což vynucuje užití nových modelových přístupů a technik.

Modelování transportu suspendovaných částic představuje komplexní problém vyžadující korektní řešení pohybu kontinuální fáze (vzduchu) a heterogenní fáze (suspendovaných částic). Řešení pohybu kontinuální fáze v geometricky složitém prostředí využívá pokročilých nástrojů fluidní mechaniky. Zahrnutí suspendovaných částic do řešení vyžaduje respektování všech významných transportních mechanismů. Mezi nejvýznamnější patří advektivní přenos, molekulární difúze, turbulentní difúze, působení tíhových a setrvačných sil. Popis transportu suspendovaných částic je dále komplikován interakcí suspendovaných částic s pevnými povrchy, kde může docházet k odrazu, dočasné nebo trvalé depozici. Částice dočasně deponované na pevném povrchu mohou být za jistých podmínek znovu rozptýleny v kontinuální fázi, což může výrazně ovlivnit konečnou koncentraci suspendovaných částic v ovzduší.

Z výše uvedeného je zřejmé, že řešení rozptylu suspendovaných částic představuje specifický problém, značně odlišný od řešení rozptylu plynných emisí, a vyžaduje vzhledem ke své aktuálnosti zvýšenou pozornost.

1.1. Kategorizace částic generovaných dopravou

Ve vztahu k silniční dopravě zahrnujeme mezi primární suspendované částice všechny částice uvolněné z automobilů před jejich prvním kontaktem s pevným povrchem, nebo fyzikálně-chemickou přeměnou. Patří sem částice opouštějící výfuky automobilů, částice vznikající otěrem pneumatik, brzdového obložení, spojky a částice uvolněné v souvislosti s korozí automobilů. Mezi primární částice související

s dopravou se dále řadí i částice uvolněné z povrchu vozovky a příslušenství komunikace.

Sekundární částice emitované dopravou jsou z největší části spojené s resuspenzí částic deponovaných na vozovce a v jejím těsném okolí. V městských oblastech je množství sekundárních částic rozptýlených v ovzduší převažující nad částicemi primárními. S ohledem na velikost částic je nutné poznamenat, že sekundární částice jsou ve většině případů částice větších rozměrů (2,5 – 10 μm), zatímco primární částice zahrnují i nejmenší velikostní třídy (5 nm – 1 μm).

1.2. Charakteristický rozměr částic

Vzhledem k značné tvarové rozmanitosti suspendovaných částic, je nutné pro potřeby popisu jejich dynamiky stanovit charakteristický rozměr částice. Literatura uvádí různé způsoby stanovení charakteristického rozměru, které vždy převádí reálnou částici na ekvivalentní kulovou částici, jejíž průměr je použit jako charakteristický rozměr. Pro popis pohybu částice je jako charakteristický rozměr užíván aerodynamický průměr částice, který je definován jako průměr kulové částice o hustotě 1000 kg/m^3 , jejíž pádová rychlost je shodná s pádovou rychlostí skutečné částice.

2. Transport suspendovaných částic

Pohyb suspendovaných částic v atmosféře je ovlivněn řadou transportních mechanismů, které různou měrou ovlivňují výslednou disperzi částic. Pomineme-li vliv deště a kontakt s povrchem jiného tělesa, hovoříme o transportních mechanismech ovlivňujících pohyb částic v neomezeném prostoru. Do této skupiny transportních mechanismů patří:

- Advektivní transport
- Turbulentní difúze
- Brownova difúze
- Působení vnějších sil
- Působení setrvačných sil
- Forézní mechanismy

Prostor pohybu suspendovaných částic je v reálných podmínkách omezen přítomností různě orientovaných povrchových ploch. Transport částic z volného prostoru na povrchovou plochu je označován jako depozice a z povrchové plochy do volného prostoru jako resuspenze.

- Depozice částic
- Resuspenze částic

Pouze v ojedinělých případech je nutné uvažovat všechny uvedené mechanismy transportu současně. Ve většině případů jsou uvažovány pouze mechanismy s dominantním vlivem na transport částic, a vliv ostatních mechanismů se zanedbává. Advektivní mechanismus tvoří základ transportních mechanismů a musí být zahrnut v matematickém popisu vždy. Turbulentní přenos je nutné uvažovat vždy, pokud se nejedná o striktně laminární proudění. Sedimentační rychlost, vyvolaná působením gravitačního pole, je významná u částic větších jak 0,5 μm . U částic menších je možné její hodnotu zanedbat. Brownova difúze hraje významnou

roli při transportu velmi malých částic s rozměrem pod 0,2 μm , u částic větších rozměrů se prakticky neprojevuje. Působení setrvačných sil je uvažováno pouze v případech, kdy proud vzduchu mění náhle svůj směr a částice mohou dosedat na blízký povrch. Působení elektrického pole a forézních mechanismů není pro běžný popis disperze suspendovaných částic v atmosféře využíváno.

3. Matematické modely

Primárním účelem matematických modelů je stanovit prostorového rozložení koncentrací znečišťujících látek v ovzduší, na základě zadaných meteorologických podmínek a specifikování emisních zdrojů. Výsledky výpočtů realizovaných prostřednictvím matematických modelů jsou využívány při sledování a řízení kvality ovzduší, se zaměřením na indikaci pravděpodobného překročení emisních limitů. Detailní popis transportu znečišťujících látek v atmosféře umožňuje zviditelnit hlavní přenosové trasy a blíže pochopit zákonitosti šíření znečišťujících látek v řešené oblasti. Matematické modely v kombinaci s měřením představují velice silný nástroj umožňující získat přehled o rozložení koncentrací emisí v celé zájmové oblasti. Nenahraditelnou úlohu matematické modely sehrávají při testování vlivu různých opatření a scénářů, které není možné ozkoušet experimentálně.

3.1. Prostorové vymezení použití matematických modelů

Městské aglomerace zahrnují oblasti desítek až stovek km^2 silně zatížené suspendovanými částicemi. Pro jejich řešení jsou využívány *modely regionálních měřítek*, které umožňují zahrnovat jednotlivé bodové a liniové zdroje. Budovy nejsou v těchto modelech zadány detailní geometrií, ale využívá se zjednodušeného popisu budov a pokryvu terénu s využitím odpovídající parametrické drsnosti. Výsledky řešení umožňují posoudit zatížení jednotlivých městských oblastí a určit vliv významných zdrojů znečištění.

Pro určení zatížení okolí liniových nebo bodových zdrojů jsou využívány *lokální modely*, které zahrnují oblasti řádově jednotek km^2 . Geometrie budov a ostatních překážek v modelované oblasti je detailně zahrnuta v okolí sledovaného zdroje částic, a od jisté vzdálenosti bývá nahrazena vhodnou parametrickou drsností. Tyto modely jsou schopny zahrnout do řešení vliv pohybu automobilů, který významným způsobem ovlivňuje rychlostní pole v blízkosti silničních tahů. Výsledky řešení poskytují informace o příspěvku místního zdroje k celkovému emisnímu zatížení lokální oblasti, a mohou posloužit k vyhodnocení přínosu různých opatření pro jeho omezení.

V případech, kdy je nutné detailně sledovat koncentrace suspendovaných částic v konkrétním prvku městské zástavby, jako je uliční kaňon nebo křižovatka, je využíváno matematických *modelů lokálních měřítek až mikro-měřítek*. V takovém případě je geometrie řešené oblasti zahrnuta do modelu co nejvěrněji. Zahrnutí vlivu pohybujících se automobilů je nutností a velice pečlivě musí být použity vhodné okrajové podmínky. Výsledky umožňují zviditelnit toky emisí v řešeném elementu zástavby a detailně pochopit zákonitosti jejich šíření. Výsledky dále slouží například pro určení koncentrací částic vnikajících infiltrací do místností na jednotlivých podlažích přilehlých budov.

3.2. Způsoby řešení disperze suspendovaných částic

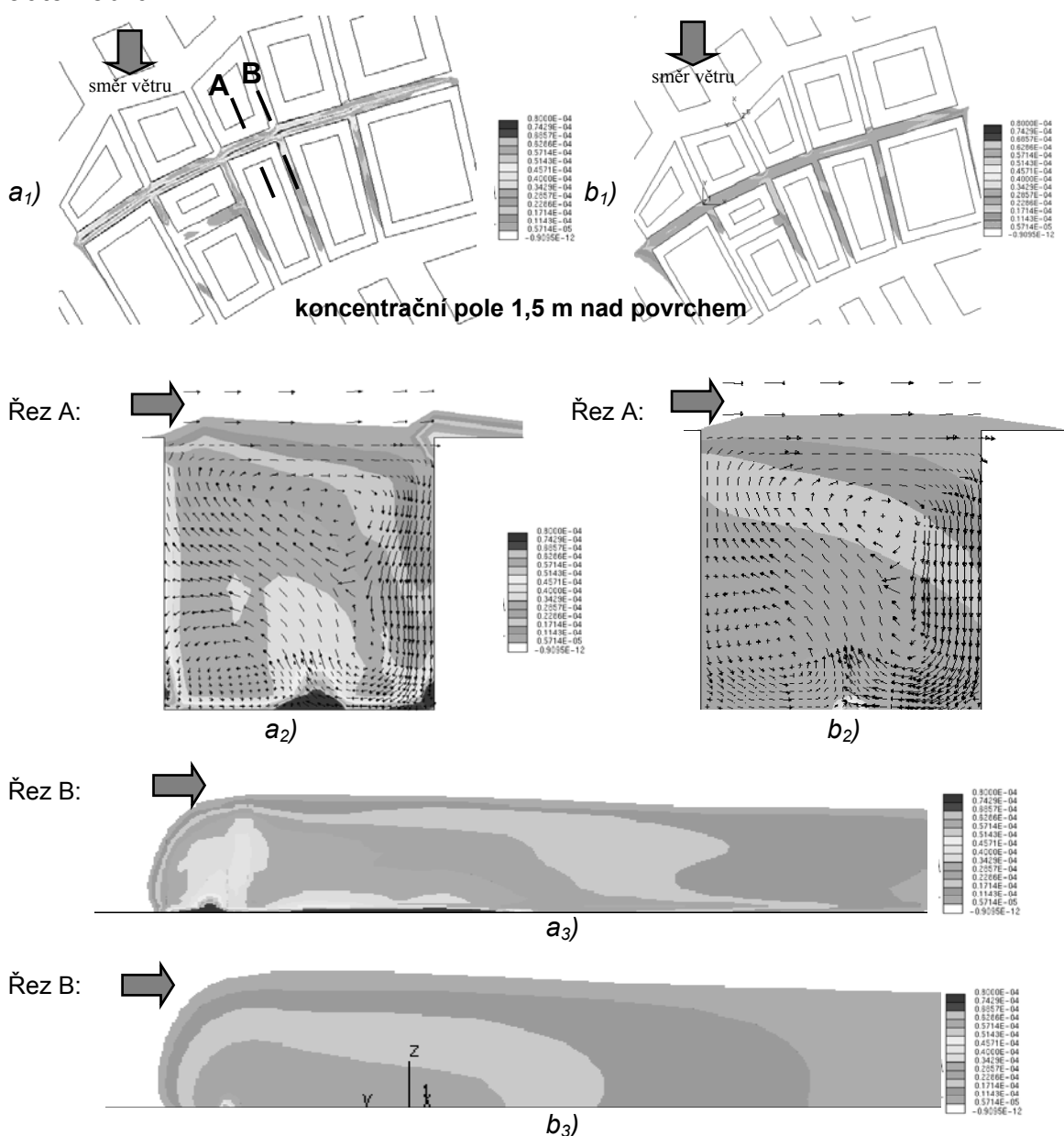
Pro řešení pohybu suspendovaných částic ve vzdušné mase je možné využít dvou odlišných matematických přístupů, jejichž nasazení použité numerické modelování umožňuje. První přístup řeší skutečnou odporovou sílu působící na částici v každém okamžiku pohybu v atmosféře. Tento přístup je nazýván jako *Eulerův-Lagrangeův*, neboť interakce vzduchu a částice se plně promítá do řešení Eulerovy a Lagrangeovy rovnice. Prioritně je tento přístup využíván pro zahrnutí aerodynamických sil větších objektů, u kterých je tvarový odpor výrazně větší než odpor třecí. Druhým použitým přístupem je využití *pasivního skaláru*. Tento přístup neřeší silovou interakci mezi tekutinou a pevnou fází, ale popisuje šíření částic od zdroje pomocí difúzního a advektivního mechanismu. Přístup je vhodný pro popis šíření velmi malých objektů, u kterých je třecí odpor výrazně větší než odpor tvarový.

Eulerův-Lagrangeův přístup detailně řeší interakci mezi tekutinou a částicemi pevné fáze. Řešení použité v software StarCD uvažuje s kulovým tvarem částic a odlišné tvary musí být zohledněny pomocí odpovídajícího aerodynamického průměru. Zadání vyžaduje informace o průměru a hustotě částic. Výsledná aerodynamická síla je řešena na základě vyjádření relativní rychlosti mezi tekutinou a částicí. Pohyb částic je sledován, a v konečném výsledku umožňuje zobrazovat trajektorie částic. Vzhledem k tomu, že při vlastním řešení je nutné řešit rovnice popisující proudění kontinuální fáze a zároveň rovnice popisující pohyb pevných částic, je zřejmé, že výpočet se stává náročnější. Tato náročnost se projevuje delší dobou běhu výpočtu a značně velkými výsledkovými soubory. Předností tohoto přístupu je možnost nastavení interakce tuhé částice při kontaktu se stěnou. Zde může být použita podmínka přilepení částice, dokonalého odrazu, případně libovolně modifikovaného odrazu pro získání co nejuvěrnějšího popisu chování částic. Vliv proudění turbulentního charakteru je do výpočtu zahrnut pomocí hodnoty kinetické energie turbulence. Z tohoto parametru je určena velikost flukтуаční složky rychlosti tekutiny, které je přiřazena orientace získaná náhodným generováním. Výsledná rychlost tekutiny je tedy vypočtena jako součet ustálené a flukтуаční složky. Získaná výsledná rychlost je porovnána s rychlostí částice. Rozdíl těchto dvou rychlostí je použit pro výpočet vlastní aerodynamické odporové síly. Řešení umožňuje vyloučit vliv flukтуаční složky, takové řešení potom nezahrnuje turbulentní disperzi částic.

Přístup pasivního skaláru nezahrnuje do řešení konkrétní aerodynamické charakteristiky, ale jsou řešeny rovnice pro difúzní a advektivní transport částic. Řešení neuvažuje s působením částic na tekutinu, což řešení značně zjednodušuje. Zjednodušení se projevuje vyšší výpočetní rychlostí v porovnání s Eulerovým-Lagrangeovým přístupem a menšími výsledkovými soubory. Difúzní transport umožňuje postihnout jak molekulární, tak turbulentní difúzi, což řešení výrazně přibližuje k realitě. Advektivní transport plně souvisí s vypočteným lokálním prouděním. Jelikož částice v tomto přístupu nejsou modelovány jako reálné částice, nejsou při řešení proudového pole řešeny jejich trajektorie. Použitý software však umožňuje na vyřešeném rychlostním poli provést dodatečné trasování (v rámci postprocessingu), které nemůže ovlivnit rychlostní pole, ale umožňuje sledovat unášení částic v proudu tekutiny. Přístup pasivního skaláru neumožňuje volbu různých typů interakce částice-stěna. Částice se v řešení chovají shodně jako molekuly kontinuální fáze a jejich pohyb může být interpretován jako dokonalý odraz. Z tohoto důvodu je nutné pro simulaci depozice a resuspenze vhodně upravit standardní programové řešení tak, aby byla depozice a resuspenze postížena odpovídajícím zdrojovým členem.

4. Numerické výpočty s využitím software StarCD

Pro modelování disperze suspendovaných částic bylo využito komerčního software StarCD, který představuje špičkový modelový nástroj založený na metodě kontrolních objemů. Jeho nasazení nachází uplatnění při řešení obecných problémů popisu proudění, přenosu tepla a hmoty. StarCD umožnil aplikovat oba výše zmíněné přístupy řešení disperze suspendovaných částic a korektně postihnout proudění v geometricky složité oblasti. Na obr. 1 je uvedena ukázka vyřešených koncentračních polí částic PM₁₀ v okolí významné pozemní komunikace uzavřené mezi bloky budov v centrální části města Brna. Řešení této lokální oblasti bylo provedeno s detailním popisem geometrie budov a zahrnutím vlivu projíždějících automobilů.



Obr. 1: Porovnání vypočtených koncentračních polí
a) Eulerova-Lagrangeova přístupu b) Přístupu pasivního skaláru

Ukázky vypočtených koncentračních polí (obr. 1) zobrazují koncentrace PM10 vypočtené s využitím obou uvedených přístupů v různě vedených řezech. Řezy a_1 a b_1 jsou vedeny ve výšce 1,5 nad povrchem a zobrazují zasažení řešené oblasti částicemi produkovanými pohybujícími se automobily. Řezy a_2 a b_2 byly voleny pro zobrazení rozptylu částic v typickém příčném řezu uličního kaňonu, kde je transport částic ovlivněn pohybem automobilů a otáčejícím se vírem vytvořeným v příčném řezu ulice vlivem kolmého větru vanoucího nad střechami budov. Řezy a_3 a b_3 jsou vedeny středem příčného uličního kaňonu.

Uvedená koncentrační pole ukazují vyšší koncentrace částic PM10 v blízkosti liniového zdroje a těsně nad povrchem vozovky při užití Eulerova-Lagrangeova přístupu popisu pohybu částic. Tato skutečnost souvisí s lepším postižením vlastní hmotnosti částic v porovnání s přístupem pasivního skaláru. Jistou roli zde hraje také okrajová podmínka ideálního odrazu na povrchu vozovky, která byla při výpočtu využita. V jisté vzdálenosti od liniového zdroje oba přístupy poskytují téměř shodné koncentrace částic, což potvrzuje oprávněnost užití přístupu pasivního skaláru při řešení rozsáhlejších území.

5. Závěr

Počítačové modelování představuje důležitý nástroj při studiu zdrojů prachových částic, jejich disperzi a hodnocení následků jejich působení. Jeho předností je možnost zviditelňovat děje, které jsou běžně zrakem nepostihnutelné. Vždy ale zůstává modelováním (napodobením) reality, a tuto skutečnost je nutné mít obezřetně na vědomí. Jen takový přístup umožní plně využít možností, které tento nástroj poskytuje, za současného vyvarování se „slepého“ důvěřování v jeho bezchybnost. Při řešení problematiky zatížení městských oblastí prachovými částicemi, počítačové modelování nachází uplatnění zejména při tvorbě 3D koncentračních polí rozsáhlých oblastí; stanovení zatížení chodců, řidičů a infiltrace budov; určení intenzity resuspenze a koncentrace lokálního pozadí; testování různých opatření ke snížení koncentrací suspendovaných částic v ovzduší.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl na základě aktivit finančně podpořených v rámci projektu Ministerstva dopravy 1F54H/098/520 a MŠMT akce COST 1P04OC633.001.

Literatura

- [1] Pospisil J., Jicha M., Adamec V., Sucmanova M., *Small Scale PM Dispersion Modeling in the Inner Part of an Urban Area*, 10th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Conference proceedings, Sissi, Greece, 2005, ISBN 960-233-166-6, pp.437-441
- [2] Pospisil J., Jicha M., *PM Dispersion Around a Heavily Trafficked Street Canyon and Neighbouring Streets - Computational Modeling and Comparison With Measurements*, 14th Symposium Transport and Air Pollution - proceeding vol.1, pp. 309-317, Graz, 2005, ISBN 3-902465-16-6
- [3] Fauser P., *Particulate Air Pollution with Emphasis on Traffic Generated Aerosols*, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark
- [4] Fusch, N. A., *The mechanics of Aerosols (Překlad Davies C. N.)* Pergamon Press, Oxford, 1964

Emisní inventury a podíl dopravy na znečišťování ovzduší

Pavel Machálek

Český hydrometeorologický ústav

Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4

e-mail: machalek@chmi.cz

Abstrakt

The Czech Hydrometeorological Institute is a central State institute of the Czech Republic in the fields of air quality, hydrology, water quality, climatology, and meteorology. The Emission and Sources Section is responsible, among others, for the preparation of the annual emission balance broken down by districts in the Czech Republic and compilation of data sheets to report on emissions of air pollutants to meet the Czech Republic's commitments under international conventions and co-operation in air quality control (EMEP, IPCC/OECD, CORINAIR). This article summarizes the procedure of emission inventory, especially for mobile sources, the results of emission balance for the period 1990 - 2005 and their recalculations.

1. Úvod

Sledování zdrojů znečišťování ovzduší a zpracování emisních bilancí je v České republice prováděno již více než třicet let. Emise významných bodových zdrojů jsou zjišťovány měřeními a vykazovány přímo provozovateli zdrojů. Emise skupinově sledovaných zdrojů, např. emise z lokálního vytápění domácností, stejně tak jako emise mobilních zdrojů, jsou odhadovány s využitím modelových výpočtů. Do odhadu množství emisí mobilních zdrojů je vedle individuální a hromadné dopravy osob a přepravy zboží (silniční, železniční, apod.) zahrnut také provoz dalších mobilních prostředků, např. zemědělských a lesních strojů, stavební techniky a armády.

Základní statistické údaje a podrobné technické údaje o spalovacích a technologických zařízeních, jejichž provozem dochází ke znečišťování ovzduší, jsou obsaženy v tzv. Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší – REZZO, který byl zaveden v tehdejší Československu od roku 1979 v celostátním provozním měřítku. REZZO je postaven jako systém podrobné a úplné inventarizace zdrojů znečišťování ovzduší a evidence druhů a množství emisí znečišťujících látek do ovzduší. Stacionární zdroje znečišťování ovzduší jsou z hlediska velikosti, typu a závažnosti pro životní prostředí rozděleny na tři základní skupiny evidované v databázích REZZO 1, 2 a 3 - zvláště velké a velké zdroje, střední a malé zdroje. REZZO 1 a 2 obsahuje údaje o bodově sledovaných zdrojích, REZZO 3 o plošně sledovaných zdrojích (nejprve pouze vytápění domácností, později doplněno plošné použití rozpouštědel a emise amoniaku z malochovů hospodářských zvířat). Samostatně evidovanou kategorií jsou mobilní zdroje, sledované kombinovaně jako liniové a plošné zdroje, které tvoří kategorii REZZO 4. Do této skupiny zdrojů je zahrnuta silniční, železniční, vodní a letecká doprava (emisní bilanci zajišťuje CDV Brno), provoz zemědělských a lesních strojů (emisní bilanci zajišťuje VÚZT Praha) a provoz dalších vozidel a strojů (emisní bilance je prováděna dopočtem z údajů o spotřebě pohonných hmot).

2. Vývoj emisní bilance mobilních zdrojů

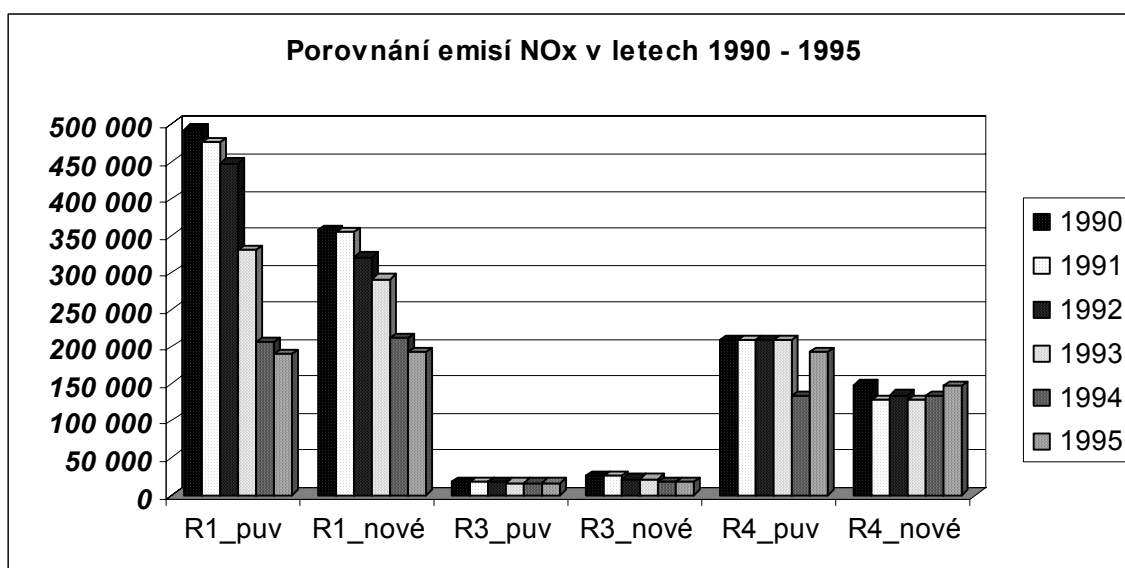
Metodiky zjišťování množství emisí a sestavování emisních bilancí se v průběhu posledních let modifikovaly a přizpůsobovaly nově zjišťovaným podkladovým údajům. V závislosti na těchto změnách byly rovněž prováděny přepočty množství emisí vykazovaných v předešlých obdobích. U skupiny bodově sledovaných stacionárních zdrojů sice došlo v posledním deseti letech k rozšíření počtu bodově sledovaných zdrojů, nedošlo však k žádným závažným změnám ve vykazovaném množství emisí, které by se dotkly konzistentnosti časové řady. U plošně sledovaných zdrojů jsou téměř nepřetržitě zpřesňovány postupy pro výpočet emisí z vytápění domácností. Rovněž jsou, zejména v souvislosti s požadavky na úplnost mezinárodních výkazů emisí, doplňovány další skupiny zdrojů, např. již zmiňované emise z plošného použití rozpouštědel. Metodika uplatňovaná pro bilanci emisí mobilních zdrojů do r. 2005 byla sestavena v polovině devadesátých let týmem specialistů ze sekce životního prostředí Centra dopravního výzkumu Brno. Za uplynulé desetiletí došlo v této používané metodice k úpravám, které přinesly větší či menší změny ve výsledných emisích. Metodika CDV byla využita poprvé v r. 1994 nejprve pro přepočty do té doby používaných údajů za rok 1990 (výzkumná zpráva TECO Milevsko - Bilance REZZO 4 za rok 1990, Milevsko 1991), u nichž bylo podle tehdejších zvyklostí předpokládáno využití v následujícím pětiletém období. Z aktivity pracovníků CDV Brno se následně stala od r. 1995 pravidelná činnost, vykonávaná pro odd. statistiky MŽP. Zpráva vydávaná pod názvem „Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí za rok 2005 v České republice“ se stala nezbytnou součástí podkladů pro „Zprávu o životním prostředí ČR“, údajů používaných pro zpracování inventur emisí pro národní bilanci, ale také pro mezinárodní vykazování emisí v rámci EMEP (EHK OSN Evropský monitorovací a vyhodnocovací program – UN ECE European Monitoring and Evaluation Programme).

Již první, byť neúplná, bilance emisí mobilních zdrojů za rok 1993 způsobuje v dosavadním trendu vývoje emisí výrazné zlomy, a to zejména u emisí NO_x. V dalších letech jsou zpětně do bilance r. 1993 doplněny chybějící emise nákladní dopravy tzv. na vlastní účet (soukromí dopravci). Současně s nastupujícím využitím metodiky CDV bylo tedy nezbytné zajistit další procesy, které by umožňovaly dopočet emisí zbývajících skupin mobilních zdrojů. Od r. 1996 jsou do bilance zahrnuty emise zemědělských a lesních strojů, od r. 1997 také emise ostatních mobilních prostředků. Stále však ještě není dán podstatný impuls k přepočtu emisních bilancí předešlých let a jejich veřejné prezentaci, i když jsou u některých kategorií zdrojů odhadovány opravdu podstatné rozdíly mezi původními a přepočtenými emisemi. Tento impuls přichází až v r. 2001. CDV Brno připravuje v letech 1999 – 2001 novou metodiku pro výpočet emisí mobilních zdrojů, která lépe pokrývá zejména změny v proběhu jednotlivých kategorií vozidel s odlišnými emisními parametry (tzv. EURO normy). Podle této metodiky jsou v r. 2002 vypočteny emise za rok 2001 a zpětně přepočtena celá časová řada až do r. 1990. ČHMÚ doplňuje k těmto emisím vykázaným za resort Ministerstva dopravy chybějící údaje z let 1990 – 1997 sektoru zemědělských a lesních strojů a z provozu dalších mobilních prostředků. Bilance mobilních zdrojů tak zahrnuje celkovou roční dodávku pohonných hmot vykazovanou ČAPPO, pro některé specifické emise však nejsou prováděny samostatné výpočty (např. nejsou samostatně vypočítávány emise letecké dopravy na území ČR a tzv. přeletů). Dopočet časové řady emisí od r. 1990 a zveřejnění této „úplné“ emisní bilance bylo provedeno ve Zprávě o ŽP za r. 2001.

Předložené údaje byly v souladu s požadavky na zpracování emisí inventur reportovaných v rámci závazků Úmluvy o dálkovém znečišťování ovzduší přecházejícím hranice států (CLRTAP - Convention on Long-range Transboundary Air Pollution).

Využití údajů o spotřebě pohonných hmot prezentovaných ČAPPO se však v posledních letech ukázalo být problematické, a to mj. také z důvodů potřeby zajištění souladu vstupních dat pro zpracování emisních inventur „klasických“ škodlivin (částice, NO_x, CO atd.) a skleníkových plynů (CO₂, CH₄ a N₂O). Metodiky používané pro bilance skleníkových plynů jsou totiž striktně vázány na výkazy spotřeby paliv a energií prezentovaných mezinárodně (zejména pro IEA – Mezinárodní energetickou agenturu). Jejich naplňování se provádí mj. také z podkladů statistických šetření, prováděných podle Zákona o statistickém zjišťování buď dotčeným resortem (výkazy MPO), nebo přímo Českým statistickým úřadem. Proto byly nejprve zprostředkovaně a následně přímou spoluprací získány údaje „Bilance zdrojové části dodávek základních ropných produktů v ČR“. Tyto údaje byly následně ještě doplněny odhadem rozdělení spotřeb motorové nafty, provedeným s využitím statistických údajů ČSÚ pro dopravu (silniční, vodní, železniční a leteckou), nesilniční zemědělské a lesní stroje, stavebnictví a ostatní nesilniční vozidla a stroje. Jak však ukázala zkušenost hned z prvního roku využití údajů ČSÚ, bude nezbytné podrobit nově sestavenou strukturu spotřeby nafty analýze, která objasní zejména výrazné rozdíly mezi původně vypočítávanými údaji o spotřebě v zemědělství (VÚZT Praha) a novými údaji využívající především podklady statistických zjišťování. Obdobně bude pak nezbytné ověřit také relativně nízký podíl spotřeby dalších nesilničních vozidel, vč. stavebních strojů, vycházející rovněž ze zpracování statistických zjišťování. Porovnání původních a přepočtených emisí NO_x, které jsou zajisté nejvíce sledovanou škodlivinou produkovanou provozem mobilních zdrojů, v letech 1990 – 1995 ukazuje obr. 1. Vedle emisí mobilních zdrojů byly v r. 2002 přepočítávány také emise z vytápění domácností a emise NO_x skupiny největších spalovacích zdrojů.

Obr. 1. Porovnání původních a přepočtených emisí NO_x (v t/rok) v letech 1990* - 1995



* emise R4_pův za období let 1990 – 1993 podle údajů TECO Milevsko pro r. 1990

Porovnání emisí jednotlivých skupin mobilních zdrojů podle původních údajů (prezentovaných pro emise do r. 2004) a údajů vypočtených pomocí spotřeb pohonných hmot dle ČSÚ, ukazuje tab. 1.

Tab. 1. Vybrané emise z mobilních zdrojů (v t/rok) podle původní a nové metodiky

	NO _x	CO	VOC		NO _x	CO	VOC
Nové CDV				Nové ostatní			
2002	95 516	261 078	51 880	2002	7 812	8 184	2 108
2003	99 766	262 925	52 559	2003	11 354	12 885	3 395
2004	97 667	241 897	48 776	2004	9 639	10 098	2 601
Původní CDV				Původní ostatní			
2002	107 478	238 135	47 768	2002	14 111	14 783	3 808
2003	112 900	240 300	47 500	2003	24 817	28 163	7 421
2004	116 714	239 432	50 817	2004	28 930	30 307	7 806
Nové VÚZT				Nové celkem			
2002	15 624	16 368	4 340	2002	118 952	285 630	58 328
2003	14 553	15 246	4 043	2003	125 673	291 056	59 996
2004	15 684	15 378	4 078	2004	122 989	267 373	55 454
Původní VÚZT				Původní celkem			
2002	32 698	34 255	9 083	2002	154 287	287 173	60 659
2003	32 804	34 366	9 112	2003	170 521	302 829	64 034
2004	30 290	29 700	7 875	2004	175 934	299 439	66 499
Rozdíl emisí CDV				Rozdíl celk. emisí			
2002	-11 962	22 943	4 112	2002	-35 335	-1 543	-2 330
2003	-13 134	22 625	5 059	2003	-44 848	-11 772	-4 037
2004	-19 047	2 465	-2 042	2004	-52 945	-32 066	-11 045

Uvedené rozdíly souvisí zejména se změnami v „alokaci“ spotřeby nafty pro jednotlivé skupiny mobilních zdrojů. Zatímco v původní metodice dosahovala spotřeba nafty pro zemědělské a lesní stroje (pouze nesilniční doprava) cca 450 tis. tun, podle údajů ČSÚ se jedná o cca 230 tis. tun. Spotřeba ostatních nesilničních mobilních zdrojů, která byla pouze doložena z rozdílu mezi celkovým prodejem nafty a součtem spotřeby uplatněné pro dopravu a spotřeby zemědělských a lesních strojů, byla po celé období problematickým údajem a pohybovala se v intervalu 200 – 300 tis. tun. Za rok 2004 pak dokonce vystoupala až ke 450 tis. tun nafty. Podle údajů ČSÚ by se však ve srovnání s novou metodikou jednalo o značné nadhodnocení této spotřeby, resp. podhodnocení zejména spotřeby silniční osobní a nákladní dopravy. Přesunem spotřeby nafty k dopravním zdrojům dochází k jejímu spálení v emisně podstatně příznivějších motorech (řízené vstřikování paliva, katalyzátory), a tím lze vysvětlit výrazné skokové změny v emisích zejména NO_x, CO a VOC.

3. Podíl dopravy na znečišťování ovzduší

Změny podílu emisí z dopravy na emisích všech započítávaných mobilních zdrojů a změny podílu na celkových emisích všech základních znečišťujících látek (stacionárních i mobilních zdrojů) původních vykazovaných údajů mezi lety 1990 a 2004 ukazuje tab. 2. Narůstající podíl emisí mobilních zdrojů je způsoben zejména silniční dopravou, a to především u emisí oxidů dusíku a oxidu uhelnatého. V posledním řádku tabulky jsou uvedeny podíly mobilních zdrojů na celkových

emisích pro rok 2005, vypočtené novou metodikou z „čerstvě“ zpracovaných údajů (ke dni 20. 9. 2006). Pokles emisí mobilních zdrojů uvedený v tab. 1 se samozřejmě odráží také v poklesu podílu na celkových emisích.

Tab. 2. Podíly vybraných emisí jednotlivých skupin mobilních zdrojů [%]

Rok	Mobilní zdroje	NO _x	CO	VOC
1990	Doprava osob a nákladů	19,29	22,35	25,25
1990	Zemědělské a lesní stroje	6,96	3,32	5,02
1990	Ostatní mobilní zdroje	0,79	0,36	0,53
1990	Mobilní zdr, celkem	27,04	26,03	30,80
1995	Doprava osob a nákladů	28,73	33,38	38,15
1995	Zemědělské a lesní stroje	10,13	3,77	5,71
1995	Ostatní mobilní zdroje	0,84	0,31	0,46
1995	Mobilní zdr, celkem	39,69	37,46	44,33
2000	Doprava osob a nákladů	36,66	44,18	45,72
2000	Zemědělské a lesní stroje	11,58	6,00	7,99
2000	Ostatní mobilní zdroje	1,11	0,58	0,76
2000	Mobilní zdr, celkem	49,35	50,76	54,47
2003	Doprava osob a nákladů	34,22	42,23	23,99
2003	Zemědělské a lesní stroje	9,94	6,04	4,60
2003	Ostatní mobilní zdroje	9,94	6,04	4,60
2003	Mobilní zdr, celkem	54,10	54,31	33,19
2004	Doprava osob a nákladů	34,30	41,41	25,71
2004	Zemědělské a lesní stroje	8,90	5,14	3,98
2004	Ostatní mobilní zdroje	8,50	5,24	3,95
2004	Mobilní zdr, celkem	51,71	51,79	33,64
2005	Doprava osob a nákladů	35,8	43,3	25,7
2005	Mobilní zdr, celkem	45,1	48,2	29,5

Konkurence v oblasti dopravy a postavení železnice

Ivo Drahotský
Univerzita Pardubice
Studentská 95, 532 10 Pardubice
e-mail: Ivo.Drahotsky@upce.cz

Železniční doprava by měla představovat jeden ze základních dopravních oborů, které budou společně vytvářet dopravní systém. Efektivní fungování dopravního systému, takové které vytváří předpoklady pro ekonomický růst, předpokládá kromě samostatného působení jednotlivých dopravních oborů rovněž jejich vzájemnou kooperaci. Přitom je důležité nastolení takových podmínek, na jejichž základě jsou nastaveny rovné podmínky podnikání v dopravě, respektive dopravních oborech. Pod pojmem komplexní objektivní harmonizace je ale nutno spatřovat pouze idealizovaný cílový stav. V reálné situaci dochází k působení politických, ekonomických i ostatních vlivů. Obsahem článku je hlubší náhled na pojem harmonizace z hlediska předpokládaného vývoje železnice, a prognóza předpokládaného vývoje výkonů železnice na konkurenčním trhu. V současné době na trhu vystupuje velké množství konkurentů působících v různých dopravních oborech (železniční, silniční, letecké). Přitom právě pozemní doprava představuje trh, kde se setkává železniční a silniční doprava. V souvislosti s postupným snižováním výkonů v železniční dopravě, respektive s její stagnací, přestože dochází k růstu výkonů dopravy jako takové, je stále intenzivněji poukazováno na nutnost změny takového trendu. Pojem „harmonizace“ znamená vytvoření shodných podmínek pro podnikání. Jedná se o přístup na trh, i o hrazení odpovídajících nákladů za služby nutné k realizaci výkonu. Touto službou je mimo jiné chápáno i poskytnutí dopravní infrastruktury. Diskuse se v poslední době stáčí především směrem k úhradě poplatků za použití dopravní infrastruktury. Poukazováno je na zvýhodňování silniční dopravy, jejíž uživatelé poplatky nehradí. Tyto poplatky jsou nyní zaváděny formou mýtného. U vozidel do 12 t celkové hmotnosti jsou náklady hrazené již ve formě spotřebních daní z uhlovodíkových paliv. K čemu dochází – doprava se pro konečné uživatele zdražuje, veřejné rozpočty získávají nové prostředky, které však zpět do dopravy proudí jen částečně. Porovnáme-li celkové zdanění (z hlediska příjmů pro státní rozpočet) jednotlivých dopravních oborů, je zřejmé že i zde panuje nesoulad, který by měl být rovněž v rámci harmonizace zohledněn.

Uživatel dopravy

Uživatel dopravních služeb představuje základní prvek systému, bez něhož by byla doprava jako celek bezpředmětná. Samozřejmě se jedná o přenesený význam, protože uživatelem jsou vlastně všichni spotřebitelé, kteří nakupují, konzumují a spotřebovávají zboží, na jehož přidané hodnotě se doprava nějakým způsobem projevuje. Pokud ale hovoříme o dopravě, lze za uživatele považovat každou konkrétní osobu (fyzickou či právnickou), která dopravní výkon realizuje nebo spotřebovává.

Předpokladem pro realizaci výkonu je akceptování nabídky ze strany zákazníka. Vycházíme-li z předpokladu, že uživatel stojí před rozhodnutím, který z dostupných způsobů přemístění využít, je zřejmé že se rozhodne pro takový způsob přemístění, který je pro něho akceptovatelný z hlediska ceny, kvality,

dostupnosti a časové flexibility! Právě zde porovnává jednotlivé dopravní obory. Je zřejmé, že každý z nich má svá specifika, použitou technologii a další faktory, které již dopředu předurčují jejich možné užití, ale na druhou stranu také výrazně omezují dosažení některých vnímaných požadavků zákazníka. Jedná se v podstatě o čtyři faktory hodnocené každým uživatelem. Z pohledu managementu jsou dané faktory mnohdy opomíjeny. Zejména ze strany velkých společností (mezi něž patří železniční podniky) je uplatňovaný manažerský i marketingový přístup opomíjen a podniky tak přicházejí o zákazníky, které následně velice těžko lákají zpět. Typickým příkladem je přehlížení ostatních alternativ, které představují substitut k danému druhu dopravy. Nelze opomíjet základní fakt - že se uživatel rozhoduje z hlediska maximalizace svého užitku. Obecně platí, že musí být zachována svoboda pohybu, tu lze také vyjádřit jako dostupnou udržitelnou mobilitou, což platí v osobní i nákladní dopravě. Pokud nejsou zákazníci spokojeni, například v důsledku chyb a nesprávných rozhodnutí managementu či marketingu souvisejících s dopravně politickými rozhodnutími, důsledkem je odliv zákazníků a přechod k jinému dopravnímu oboru. Některé dopravní obory se tak mohou dostat do jakéhosi bludného kruhu, ve kterém má za následek každé i sebemenší omezení nabízených služeb dodatečný úbytek poptávky. Doprava se stává více ztrátovou a požadavky na veřejné rozpočty z hlediska dopravních oborů stoupají, nebo sílí hlasy volající po řešení, za které je považována harmonizace. Uživatel přitom nevnímá pozadí uvedené situace, ale hodnotí především výše uvedené faktory a svůj užitek.

Závěr

Jak již bylo řečeno, absolutní harmonizace mezi jednotlivými dopravními obory je idealizovaný stav, který není v reálné situaci dosažitelný. Vždy však existují kompromisy, výjimky, podpory či jiná obdobná opatření narušující stanovení rovných podmínek. V mnoha případech se však dostáváme do situace, kdy je harmonizace pojímána spíše jako pozitivní diskriminace jednoho z dopravních oborů na úkor druhého. Samozřejmě zde vystupují lobbyistické zájmy různých skupin či organizací. Co je cílem takové diskriminace? Jedná se v podstatě o docílení vyrovnání nákladů, respektive koncové ceny pro zákazníka v situaci, kdy není jeden dopravní obor z různých důvodů schopen nabídnout srovnatelnou službu stejných kvalitativních vlastností za obdobnou cenu. Uvedenými důvody může být například neefektivní hospodaření, chyby managementu. Jestliže hovoříme o absolutní harmonizaci, je také nutno zohlednit příjmy veřejných financí, které z jednotlivých dopravních oborů plynou. V pojmu absolutní harmonizace je totiž skryta harmonizace na straně nákladů, ale také harmonizace na straně příjmů. Z uvedeného tak vyplývá, že by měl být zachován rovněž poměr vybíraných a vynakládaných prostředků z jednotlivých dopravních oborů. Používáme-li tedy pojem harmonizace, je nutno mít vždy v podvědomí, že se nejedná o harmonizaci absolutní, která je v podstatě nedosažitelná, a za uvedeným pojmem je nutno vidět skrytá dopravně politická rozhodnutí i jiné vlivy.

Literatura

- [1] Europe at a crossroads – The need for sustainable transport, http://europa.eu.int/comm/publications/booklets/move/39/index_en.htm
- [2] Dopravní politika pro léta 2005 – 2013, http://www.mdcr.cz/cs/Strategie/Dopravni_politika/

Metodika stanovení emisí znečišťujících látek z dopravy

Jiří Dufek

Centrum dopravního výzkumu

Líšeňská 33a, 636 00 Brno

e-mail: jiri.dufek@cdv.cz

Abstrakt

The emission calculation, both on national and on regional level, is an important tool for the evaluation of annual trends in emission production of individual transport modes. The results show whether production of individual pollutants increases or decreases. In general it is possible to say that pollutants with emission limits mostly decrease but unlimited pollutants production mostly increase. The annual consumption of individual fuels is the main input. This consumption is distributed to individual vehicle categories defined according to used fuel, transport mode and emission limits, which have to fulfill. The emission calculations serve also for the evaluation of achievement of emission ceilings, which are set by air quality legislation.

1. Úvod

Doprava, především silniční a letecká, je hospodářským sektorem, který v celosvětovém měřítku roste ve většině sledovaných ukazatelů (spotřeba energie, počet vozidel, přepravní objemy apod.) podstatně rychleji než příslušné hodnoty HDP. Úměrně tomu se zvyšují i škody na životním prostředí a zdraví obyvatel. Metodika výpočtů emisí z dopravy je nástrojem pro monitorování a řízení kvality ovzduší na celostátní i krajské úrovni. Výsledky výpočtů emisí z dopravy dle této prezentované metodiky se používají v důležitých evropských i vnitrostátních dokumentech, např. statistiky OECD (Organizaci pro evropskou spolupráci a rozvoj), Ročenky dopravy, Zprávy o životním prostředí ČR, apod. Z výsledků je možno posoudit, zdali se doprava v České republice splňuje zásady trvale udržitelného rozvoje.

2. Metodika výpočtů emisí

2.1 Kategorizace dopravních prostředků

Metodika rozděluje dopravní prostředky do celkem 23 kategorií. Při rozdělení byla uplatněna následující kritéria: druh dopravy, používané palivo a vybavení vozidel účinnými katalyzátory.

Tabulka 1. Kategorie pro kalkulaci emisí z dopravy

Číslo	Označení	Popis kategorie
1	ID.B1	individuální doprava, benzínová osobní vozidla jednostopá
2	ID.B2	individuální doprava, benzínová osobní vozidla dvoustopá bez řízených katalytických systémů
3	ID.B3	individuální doprava, benzínová osobní vozidla dvoustopá s řízenými katalytickými systémy
4	ID.N	individuální doprava, naftová osobní vozidla dvoustopá

5	ID.LPG	individuální doprava, osobní vozidla jezdící na LPG
6	ID.CNG	individuální doprava, osobní vozidla jezdící na CNG
7	ID.SN	individuální doprava, osobní vozidla jezdící na směsnou naftu
8	AD.B	veřejná doprava, osobní benzínová vozidla
9	AD.N	veřejná doprava, osobní naftová vozidla
10	AD.LPG	veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na LPG
11	AD.CNG	veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na CNG
12	AD.SN	veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na směsnou naftu
13	ND.B	benzínová nákladní vozidla (benzínové dodávky)
14	ND.LDV	naftová nákladní vozidla do 3,5 t
15	ND.HDV	naftová nákladní vozidla nad 3,5 t
16	ND.LPG	nákladní vozidla jezdící na LPG
17	ND.CNG	nákladní vozidla jezdící na CNG
18	ND.SN.	nákladní vozidla jezdící na směsnou naftu
19	ŽD.N	železniční vozidla jezdící na naftu
20	ŽD.SN	železniční vozidla jezdící na bionaftu
21	VD.N	plavidla s naftovými motory
22	LD.LB	letadla spalující letecký benzín
23	LD.LP	letadla spalující letecký petrolej

Z 23 kategorií uvedených v tabulce 1 jsou vybrány kategorie s rozdílnými kilometrickými proběhy, tzv. kategorie kp. Jedná se o tyto kategorie:

Tabulka 2. Kategorie kp s rozdílnými kilometrickými proběhy

Číslo	Označení	Popis kategorie
1	OD.B1	individuální doprava, benzínová osobní vozidla jednostopá
2	OD.B2	individuální doprava, benzínová osobní vozidla dvoustopá bez řízených katalytických systémů
3	OD.B3	individuální doprava, benzínová osobní vozidla dvoustopá s řízenými katalytickými systémy
15	ND.LDV	naftová nákladní vozidla do 3,5 t
16	ND.HDV	naftová nákladní vozidla nad 3,5 t

Pro každou z kategorií kp se vypočítá spotřeba paliva i (benzín u kategorií 1-3 a nafta u kategorií 15-16). Z této spotřeby a emisních faktorů jsou následně kalkulovány emise škodliviny p kategorie vozidel k. Kilometrické proběhy musí být však nastaveny tak, aby součet spotřeb kategorií kp 1-3 byl shodný se spotřebou benzínu individuální dopravy (ID) vyjádřenou z celkové spotřeby benzínu a přepravních výkonů ID. Rovněž součet spotřeb kategorií kp 15-16 musí být shodný se spotřebou nafty silniční nákladní dopravy vyjádřenou z celkové spotřeby nafty a přepravních výkonů silniční nákladní dopravy.

2.2 Rozsah sledovaných škodlivin

Metodika umožňuje kalkulaci emisí jakýchkoliv polutantů za předpokladu znalosti naměřených emisních faktorů, které obsahuje „Databáze emisních faktorů“ zmíněná v úvodní kapitole. Ke každé kategorii (Tabulka 1) jsou přiřazeny emisní faktory vyjádřené v g.kg⁻¹ paliva. V metodice jsou kalkulovány tyto škodliviny:

- látky přispívající k dlouhodobému oteplování atmosféry: oxid uhličitý (CO₂), metan (CH₄), oxid dusný (N₂O);
- látky s emisními limity danými legislativou: oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO_x), uhlovodíky (C_xH_y) a pevné částice (PM);

- látky nelimitované s nepříznivými zdravotními účinky: oxid siřičitý (SO₂), olovo (Pb) a další těžké kovy, polyaromatické uhlovodíky (PAH) a polychlorované dibenzodioxiny (PCDD) a dibenzofurany (PCDF).

2.3 Vlastní výpočty

Výpočet spotřeby paliva i druhem dopravy d je první krok celého postupu. Známé množství prodaných paliv se po odpočtu spotřeby mimo dopravu upraví pomocí koeficientu Kr. Tento koeficient charakterizuje rovnováhu mezi palivy nakoupenými v ČR a spálenými v cizině a palivy nakoupenými v cizině a spálenými v ČR. Takto zjištěná spotřeba paliva i v resortu dopravy rozdělí mezi jednotlivé druhy dopravy pomocí přepravních výkonů a podílů vozidel používajících stejná paliva. S pomocí údajů o výhřevnosti paliva je získána hodnota energie spotřebované příslušným druhem dopravy. Kategorie dopravy, které vykazují značně rozdílné roční kilometrické proběhy vozidel jsou uvedeny v tabulce 2. Spotřeba pohonných hmot v těchto kategoriích je kalkulována z odhadu průměrného ročního proběhu na 1 vozidlo, průměrné spotřeby v l.100km⁻¹ a hustoty paliva. Odhad proběhu je kontrolován tak, že poměr proběhů kategorií kp zohledňuje dynamickou skladbu vozidel za provozu. Druhy dopravy, pro které jsou kalkulovány emise, se člení následovně:

Tabulka 3. Druhy dopravy, pro které je stanovena emisní bilance:

Symbol	Druh dopravy
ID	individuální doprava (osobní automobily)
AD	silniční veřejná osobní doprava (mimo MHD), včetně autobusů MHD
SND	silniční nákladní doprava
ŽD	železniční doprava motorová trakce
VD	vodní doprava
LD1	letecká vnitrostátní doprava
LD2	letecká mezinárodní doprava

Zásadní rozdíl této metodiky oproti dřívějšímu způsobu výpočtu spočívá právě ve způsobu stanovení emisních faktorů. Emisní faktory (Ef) jsou zpracované v databázi MS Access a tvoří nedílnou součást metodiky. Pro stanovení celkových emisí jednotlivých kategorií vozidel silniční, železniční a vodní dopravy jsou využívány aritmetické průměry. Při stanovení průměrných emisních faktorů letecké dopravy je ke každému Ef přiřazena váha, která odráží zastoupení příslušného letového režimu na celém letu. Z hodnot vah a Ef jsou vypočítány vážené průměry pro jednotlivé polutanty. Pro nedostatek dat Ef směsné nafty je přejímán poznatek, že směsná nafta produkuje 80 % emisí CO a VOC, 110 % emisí NO_x a 40 % emisí PM oproti klasické naftě.

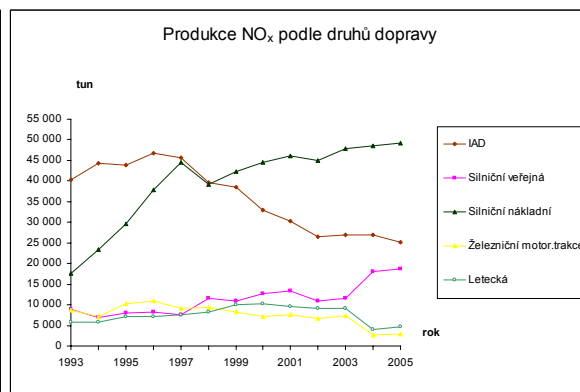
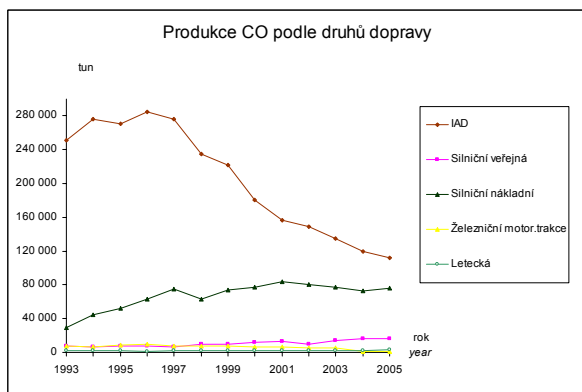
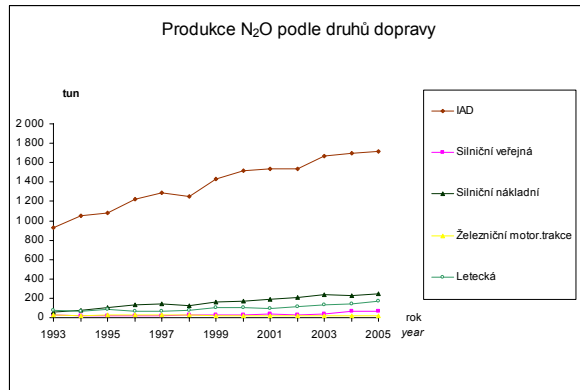
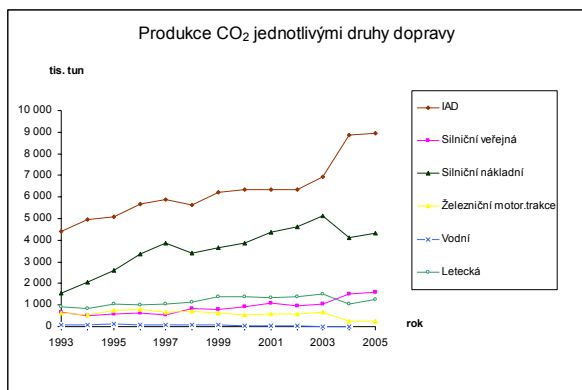
2.4 Emisní faktory

K dispozici je rozsáhlý soubor naměřených hodnot nových i starších vozidel v různých jízdních režimech, které jsou statisticky zpracovány. K silniční dopravě patří celkem 18 kategorií z celkově sledovaných 23 (Tabulka 1). Hodnoty používané pro výpočty emisí z dopravy jsou průměry všech známých měření. Jsou-li k dispozici rozdělené Ef podle režimu jízdy, vychází se z poměrů dálničního, silničního a městského režimu. V závislosti na počtu údajů se používají 4 statistické parametry:

aritmetický průměr, vážený průměr, pivotová polosuma a median. Pro většinu kategorií se používají vážené průměry kde hodnota vah odráží počet prováděných měření emisí a zastoupení daného vozidla ve vozovém parku ČR.

2.5 Výsledky výpočtů emisí

Výsledky jsou vyjádřeny s pomocí tabulek a spojnicových grafů, ze kterých je zřejmý vývojový trend produkce dané škodliviny. Na čtyřech příkladech škodlivin je znázorněn vývoj emisní produkce stoupající (oxid uhličitý a dusný) a kolísající (oxidy dusíku) a klesající (oxid uhelnatý).



Závěr

Metodika výpočtů emisí je vhodná pro hodnocení úspěšnosti dopravních politik v oblasti dopadů na životní prostředí, posouzení a řízení kvality ovzduší v oblasti hodnocení emisních stropů a rovněž pro predikci dalšího vývoje produkce emisí v závislosti na vývoji dopravy a ekonomiky, jak na celostátní, tak na regionální úrovni.

Stanovení hlukové zátěže z dopravy

Rudolf Cholava, Petra Dvořáková, Petr Smékal

Centrum dopravního výzkumu

Líšeňská 33a, 636 00 Brno

e-mail: rudolf.cholava@cdv.cz

Abstrakt

Road traffic has a dominant position among noise sources and to achieve the effective assessment and management of noise from the point of view of long-term noise burden, the research team is also concentrated on the assessment of noise burden of people affected by road traffic noise. For this purpose, the method for determination of the number of affected people was proposed. At present the method is verified in the feasibility study in model localities, the outputs are percentages of inhabitants affected by road traffic noise in particular 5-dB bands. The basic input data for noise calculations are data on traffic on the selected road network; the inputs and outputs are being processed in the environment of the software SoundPLAN that enables their adequate graphical presentation. The calibration of the calculation model is necessary for achieving correct results, thus calibration measurements were realized on the chosen sites. The obtained results about noise burden from road traffic will enable to manage efficiently noise issues by the competent authorities.

1. Úvod

Doprava patří mezi nejvýznamnější zdroje hluku v životním prostředí a nadměrná hluková zátěž představuje jeden z řady negativních faktorů, které spolu s pozitivními rozvoj dopravy přináší. Jedním ze základních předpokladů efektivního řízení hluku v životním prostředí je určení míry expozice hlukem prostřednictvím adekvátních hodnotících metod. Stanovení počtu obyvatel zasažených hlukem ze silniční dopravy je prováděno za účelem poskytování objektivních informací o hluku v území veřejnosti a zainteresovaným odborným orgánům. Na základě těchto informací lze potom přijímat opatření pro zlepšení akustické situace v lokalitách, kde je to žádoucí. V oblasti zjišťování vlivu silniční dopravy na celkový stav akustické situace v prostředí je rovněž nutné mít k dispozici metodiky, které s náležitou přesností popisují současný stav a zabezpečí shodu výsledků a měření. S uvážením těchto souvislostí je řešení dopravního hluku v Centru dopravního výzkumu rovněž zaměřeno na problematiku stanovení hlukové zátěže obyvatel v okolí silničních komunikací, které vyústilo v návrh metodického pokynu [1].

2. Metodický pokyn pro stanovení hlukové zátěže z dopravy na území ČR

2.1. Postup

Pokyn obsahuje postupy, které vedou k získání údajů o hlukové zátěži způsobené dopravou v okolí silničních komunikací, lze ho používat pro stanovení počtu obyvatel exponovaných hlukem silniční dopravy v intravilánech i extravilánech sídel. V návrhu byly zohledněny dosavadní zkušenosti s hlukovými mapami v České republice a existující legislativa česká i Evropské unie [6]. Postup je dvoukrokový, prvním krokem je získání informací o stavu akustické situace v okolí dopravní trasy,

druhým krokem je pak získání informací o počtech obyvatel, kteří jsou v posuzovaném území (v sídle, v okolí dopravní trasy, apod.) exponováni hlukem silniční dopravy. Je možné nezávislé používání různých dílčích postupů v každém z uvedených kroků, vždy však musí dojít ke konečné souhrnné prezentaci výsledků, získaných postupem podle tohoto pokynu, a to ve formě přiřazení zjištěných hodnot hluku k počtům jím zasažených obyvatel.

Technický podklad pro stanovení hlukové zátěže z dopravy na území ČR tvoří hlukové mapy, které lze využít pro posouzení:

- stávající, předchozí nebo předpokládané hlukové situace,
- překročení limitních hodnot,
- odhadovaného počtu chráněných objektů ve vymezené oblasti, které jsou vystaveny specifickým hodnotám hlukového deskriptoru,
- odhadovaného počtu osob vystavených hluku v oblasti zasažené hlukem.

Z časového a nákladového hlediska je preferovaným typem výpočtové hlukové mapy liniová výpočtová hluková mapa. Ve výpočtech hodnot hlukového indikátoru, jímž je v současnosti ekvivalentní hladina akustického tlaku L_{Aeq} , se uvažuje s prvními stavebními objekty v oboustranném okolí posuzované dopravní cesty a nejvýše uvažovaná vzdálenost takto charakterizované zástavby od komunikací je 120 metrů. Primárními výstupními údaji jsou údaje o hodnotách hlukového indikátoru ve výšce $4,0 \pm 0,2$ m nad terénem ve vzdálenosti $2,0 \pm 0,2$ m před fasádou objektu, která je nejvíce exponovaná specifickým typem hluku. Pro vypracování výpočtové hlukové mapy [5] lze použít jakýkoli software, splňující požadavky platné české legislativy.

K získání údajů o počtech obyvatel žijících ve vyšetřovaném území lze využít:

- průměrné počty obyvatel připadající na byt (dům, urban) – např. statistické ročenky,
- terénní průzkumy území,
- volební seznamy,
- evidenční databáze.

Preferovanými vstupními údaji o geometrické situaci v území, pro něž se vypracovává výpočtová hluková mapa, jsou údaje z digitálních map v měřítku 1:10 000. Primárně se používají dopravní údaje z průzkumů specializovaných dopravně-inženýrských institucí (data z celostátního sčítání dopravy organizovaného Ředitelstvím silnic a dálnic, resp. data pořizovaná útvary dopravního inženýrství větších měst, případně data z ad hoc dopravně-inženýrských průzkumů pro lokalitu, pro kterou má být vypracována výpočtová hluková mapa).

Interpretaci výsledků umožňují tabelární přehledy resp. grafické zobrazení vypočtených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq} a k nim vztažených počtů obyvatel vystavených uvedeným hodnotám. Obvykle se užívá škálování v pětidecibellových pásmech ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq} .

2.2. Studie proveditelnosti

Pro ověření navržené metodiky zjišťování počtu osob zasažených hlukem silniční dopravy byla vybrána následující modelová území:

- u obcí nad 10 000 obyvatel – Jihlava,
- u obcí do 10 000 obyvatel – Kuřim, Bučovice a Moravský Krumlov.

Postup ověření a demonstraci navržené metodiky zjišťování počtu osob zasažených hlukem silniční dopravy, lze popsat na modelovém území města Kuřimi následovně [4].

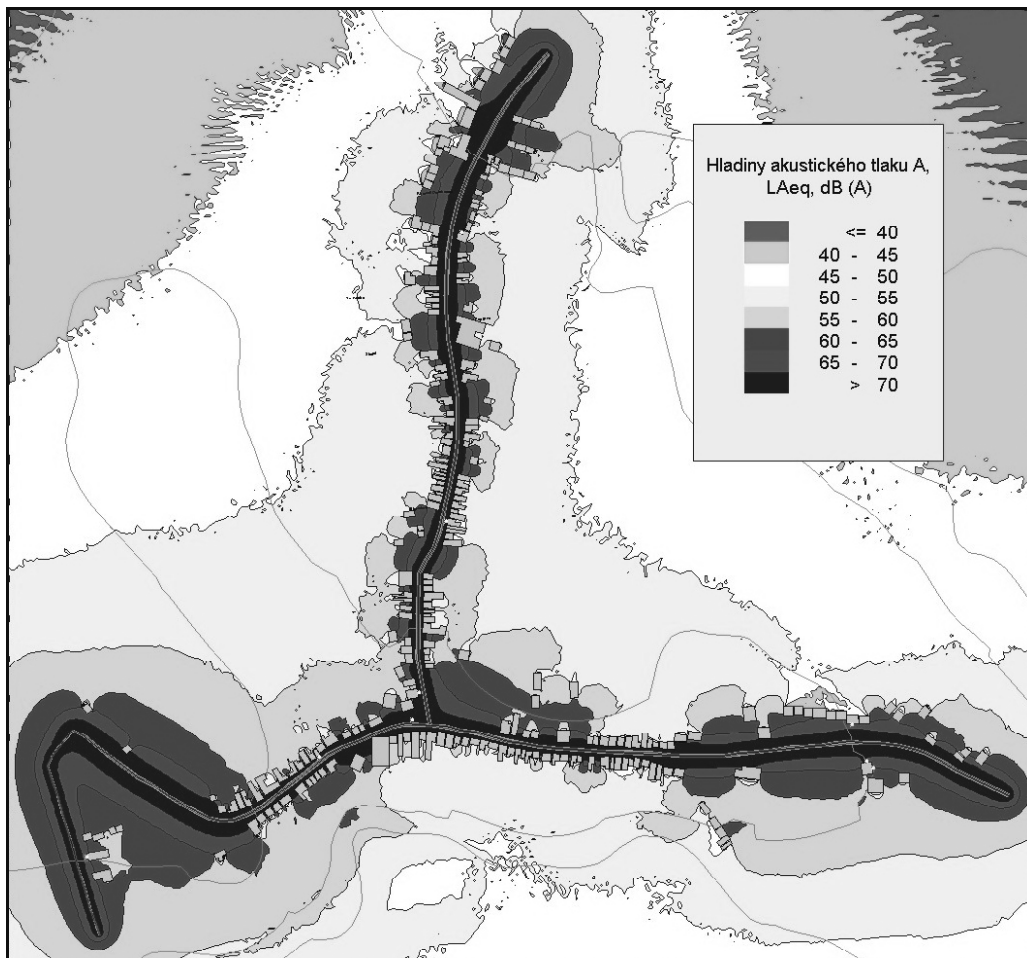
Hluk z dopravy je iniciálně počítán pro denní dobu (6-22 hod), základem pro výpočty hluku jsou údaje o automobilové dopravě na vybrané síti komunikací. Síť dopravně nejvýznamnějších komunikací je pro výpočty rozdělena do dílčích úseků, výpočty hluku na fasádách jsou v těchto úsecích prováděny pro zástavbu na obou stranách komunikace. Všechny výpočty stavu akustické situace v okolí vybrané sítě komunikací na území města Kuřimi se vztahují k výšce 4,0 m nad terénem. Vstupní i výstupní data jsou zpracovávána v prostředí softwaru SoundPLAN, který umožňuje jejich efektivní grafickou prezentaci.

Základní podkladové materiály pro tvorbu modelu v prostředí programu SoundPLAN tvoří katastrální mapa území města Kuřim, terénní výškopis a uliční fronta. Pro účely hlukových výpočtů byly uvedené materiály v digitální podobě poskytnuty Městským úřadem Kuřim.

Nezbytným předpokladem pro korektní výsledky výpočtů je kalibrace výpočtového modelu, za tímto účelem byla realizována kalibrační měření na vybraných místech. Při měřeních se postupovalo dle platné metodiky měření hluku silniční dopravy. Na měřicích stanovištích byly v průběhu akustických měření zjišťovány současně intenzita a skladba dopravního proudu, klimatické a topografické údaje.

V prostředí programu SoundPLAN byl vypracován třírozměrný model posuzovaného území města Kuřim. Model, který vychází z poskytnutých podkladů, bylo nezbytné doplnit na základě podrobného terénního průzkumu o data v nich neuvedená (výšky objektů), a přitom zásadní pro hlukové výpočty.

Obr.1.: Výpočtová hluková mapa silniční dopravy města Kuřimi - denní doba



Zdroj: CDV [2]

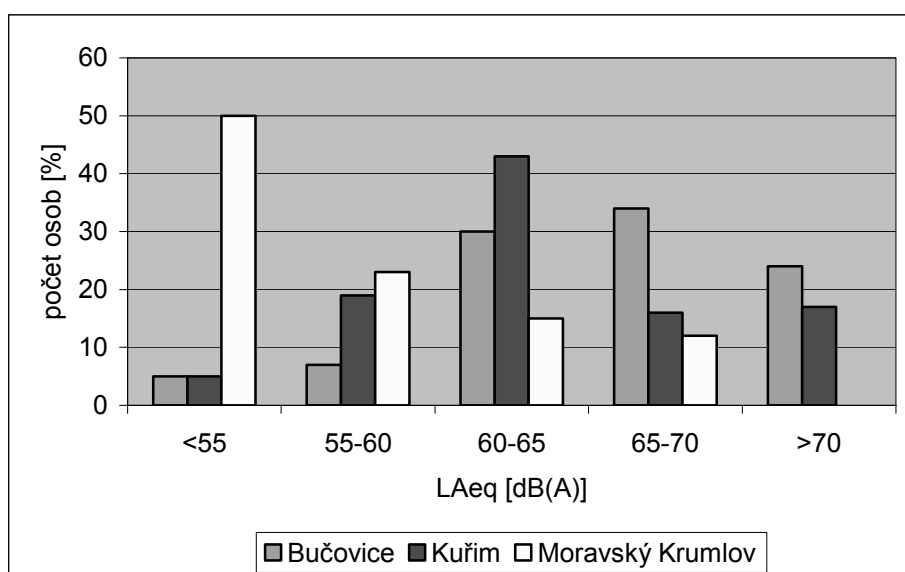
Rovněž byly provedeny korekce při odlišnostech mapových podkladů a reálné skutečnosti, které souvisejí s pokračující výstavbou v posuzovaném území. Zásadními výstupními daty z výpočtů L_{Aeq} pro součtovou výpočtovou hlukovou mapu automobilové dopravy byly imisní hodnoty L_{Aeq} ve výpočtových bodech. Imisní hodnoty L_{Aeq} pro automobilovou dopravu byly vypočítané celkem ve 258 výpočtových bodech na území Kuřimi v uvažovaném 120-metrovém oboustranném okolí automobilových komunikací. Výpočtová hluková mapa silniční dopravy Kuřimi pro denní dobu, prezentována na obrázku 1, představuje vstupní podklad pro stanovení počtu obyvatel zasažených hlukem a efektivně zobrazuje formou pásem v pětidecibelové barevné škále akustickou situaci ve venkovním prostředí.

V okolí posuzovaných komunikací žije 2 663 obyvatel města Kuřimi (asi 30 % celkového počtu). Ve vztahu k hygienickým limitům bylo shledáno, že:

- na území Kuřimi je největší množství obyvatel zasaženo imisními hodnotami L_{Aeq} v denní době 60-65 dB,
- na území Kuřimi existuje 161 výpočtových bodů, v nichž jsou imisní hodnoty L_{Aeq} v denní době vyšší než 70 dB, což je celkem 62,4 % ze všech počítaných bodů; žije zde 448 obyvatel,
- výpočtových bodů s imisní hodnotou L_{Aeq} v denní době vyšší než 60 dB je 228 (88,4 %); žije zde 2 025 obyvatel Kuřimi,
- předpokládá se, že zbývající obyvatelstvo spadá převážně do kategorie hlukové zátěže pod 50 dB.

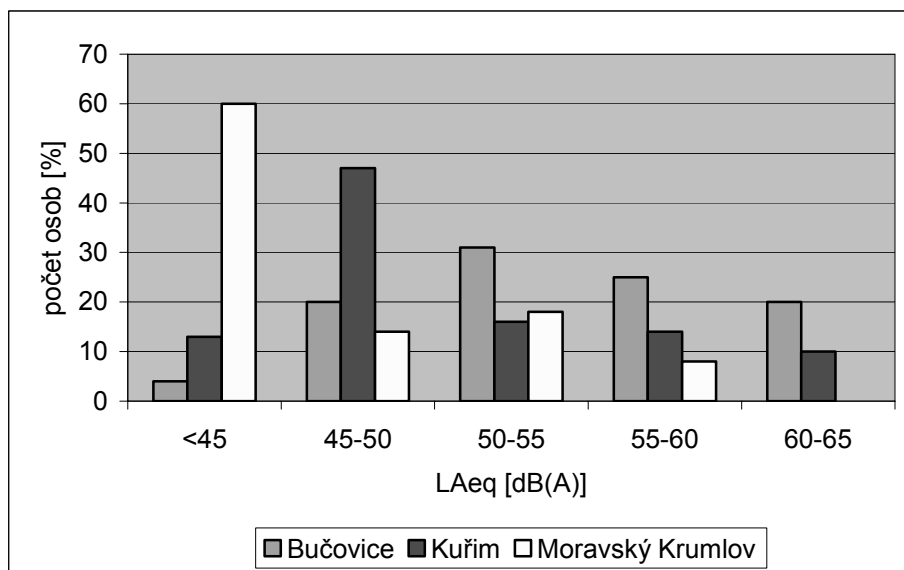
Na obr. 2 a 3 je souhrnně prezentována hluková zátěž ze silniční dopravy ve městech Bučovice, Kuřim a Moravský Krumlov, v nichž byla realizována studie proveditelnosti a která patří do kategorie sídel s počtem obyvatel do 10 000. Zátěž je vyjádřena počtem osob v % vystavených jednotlivým hlukovým pásmům ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq} v denní resp. noční době. Vzhledem k účelu, pro který data byla pořízena, se údaje o zátěži vztahují k okolí vymezenému první řadou přiléhající zástavby podél dopravně nejvýznamnějších silničních komunikací.

Obr. 2.: Počet osob v Bučovicích, Kuřimi a Moravském Krumlově zasažených hlukem ze silniční dopravy - denní doba (okolí hlavních komunikací)



Zdroj: CDV [2]

Obr. 3.: Počet osob v Bučovicích, Kuřimi a Moravském Krumlově zasažených hlukem ze silniční dopravy - noční doba (okolí hlavních komunikací)



Zdroj: CDV [2]

Ve všech uvedených lokalitách se jedná o počty osob žijících v obydlích, která jsou ve výšce 4,0 m nad zemí u nejméně exponovaných fasád vystavena příslušným rozsahům hodnot hluku. Rozdíly v počtech osob vystavených hluku v jednotlivých pásmech souvisejí především s odlišnými dopravními intenzitami (výrazně nižší jsou v Moravském Krumlově) a druhy zástavby.

3. Doporučení pro vícepruhové komunikace

Na základě realizovaných souborů měření hluku v okolí vícepruhových komunikací byl rovněž vypracován materiál nazvaný „Doporučení vyplývající z ověřování Novely metodiky pro výpočet hluku ze silniční dopravy v okolí vícepruhových komunikací“, jehož cílem je zohlednit současný reálný provoz v modelech pro výpočet hluku. Řešení bylo zaměřeno na rozšíření rozsahu experimentálních údajů o příčném rozdělení dopravy a jízdních rychlostech vozidel na čtyřpruhových a šestipruhových dálnicích a na zjištění časového rozdělení dopravy v průběhu 24 hodin [1]. Získané poznatky jsou významné z hlediska ovlivnění výpočtu denních a nočních emisních hodnot hluku a pro dosažení shody naměřených a vypočtených akustických dat.

4. Závěr

Údaje o podílu obyvatel zasažených hlukem z dopravy prezentované v předchozích grafech potvrzují jeho význam z hlediska zátěže životního prostředí a zejména nezbytnost přijímat účinná opatření pro zlepšení akustické situace [3]. Metodický pokyn pro stanovení hlukové zátěže z dopravy je nástrojem k získání objektivních informací o stavu akustické situace a hlukové zátěži obyvatel v okolí silničních komunikací. Návaznost na výsledky celostátního sčítání dopravy na silniční a dálniční síti umožňuje aktualizaci hodnot ukazatelů. Aplikace pokynu vytvoří předpoklad pro efektivní řešení problematiky hluku kompetentními orgány a zvýšení akustické kvality životního prostředí obyvatel.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl na základě aktivit finančně podpořených v rámci projektů Ministerstva dopravy č. CE 801 210 109 a č. 1F52B/103/520.

Literatura

- [1] Adamec, V., a kol. *Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy*. (Závěrečná zpráva projektu VaV č. CE 801 210 109). Brno: CDV, 2006, 86 s.
- [2] Adamec, V. a kol. *Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy. Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy*. (Výroční zpráva projektu VaV CE 801 210 109 za rok 2005). Brno: CDV, 2006, 105 s.
- [3] Cholava R., a kol. *Metodika zpracování akčních plánů pro okolí hlavních silnic, hlavních železničních tratí a hlavních letišť*. (Výroční zpráva projektu VaV č. 1F52B/103/520 za rok 2005). Brno: CDV, 2006, 64 s.
- [4] Cholava, R., Kaláb, M., Tvarůžková, J., Dvořáková, P. *Advanced Approach to the Assessment of Road Traffic Noise in the Czech Republic*. In *Forum Acusticum 2005*, Budapest (Hungary), 29. 8. – 2. 9. 2005. Stuttgart: S.Hirzel Verlag, 2005, s. 71. ISSN 1610-1928.
- [5] Popp, CH., Bing, M. *From Noise Mapping to Action Planning*. In *Forum Acusticum 2005*, Budapest (Hungary), 29. 8. – 2. 9. 2005. Stuttgart: S.Hirzel Verlag, 2005, s. 64. ISSN 1610-1928
- [6] 2002/49/EC: 2002. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropy ze dne 25. Června 2002 Hodnocení a management environmentálního hluku (anglicky)*. Brusel: Official Journal of the European Communities, 2002.

Hodnocení kvality vod a horninového prostředí v okolí dopravních sítí

Jiří Huzlík, Vilma Jandová, Jan Švanda, Vladimír Adamec

Centrum dopravního výzkumu

Líšeňská 33a, 636 00 Brno

e-mail: jiri.huzlik@cdv.cz

Abstrakt

This paper presents results of the project VaV CE 801 210 109 „Research of environment burden by traffic“ and S 401 330 604 „Water protection before negative impacts of railways“ in the field of forming methodologies for risk assessment of impacts from traffic on environment. It is focused on Methodology of assessment of possible burden of waters by railways and Methodology of water and rocks quality assessment in the surrounding of road network, that are the part of mentioned sets of results. The basic principle is to classify with special values identified characters of rocks environment, its permeability, the amount of hazardous chemical substances that are transported on the chosen sector of the road or railway etc. These values are used for additional mathematical and statistical calculations to determine separate indexes that characterise the risks of affection of these sectors by road or railway transport. You can reach the optimum number and location of monitoring sites by following these methodologies.

1. Úvod

Povrchové a podzemní vody jsou nezbytné pro život na Zemi. Působením lidského faktoru však neustále dochází ke snižování jejich kvality, přičemž jedním z nejdůležitějších faktorů je doprava. Povrchové vody i horninové prostředí v okolí dopravních cest jsou vlivem silničního nebo železničního provozu znečišťovány emisemi z výfukových plynů vozidel, částicemi z obrusů pneumatik, obroušenými částicemi ze svrchní vrstvy konstrukce vozovek, úkapy pohonných hmot a pod. Nezanedbatelný je také vliv havárií dopravních prostředků, při nichž unikají do prostředí ropné látky nebo některé přepravované nebezpečné látky. Z hlediska uchování kvality vod a horninového prostředí pro další generace je tedy žádoucí zabývat se jejich znečištěním vlivem dopravy. Postupy hodnocení byly sestaveny tak, aby byla možná jejich aplikace na libovolně zvolenou oblast. Při tvorbě Metodiky posouzení potencionálního zatížení vod železničním provozem (ŽELMET) a tvorbě Metodiky hodnocení kvality vod a horninového prostředí v okolí dopravních sítí (METKOM) [1, 2, 3, 4] byl použit postup s využitím prvků multikriteriální analýzy s řadou společných prvků pro oba dokumenty. Proto jsou na tomto místě uvedeny nejprve obecné postupy a dále pak jejich konkrétní aplikace na oba typy liniových zdrojů znečištění.

2. Obecný postup tvorby metodik hodnocení vlivu liniových zdrojů znečištění na kvalitu vod a horninového prostředí

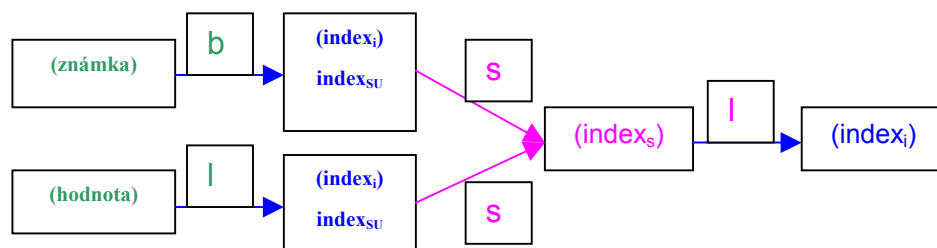
Zahrnuje vlivy liniového zdroje znečištění s jeho technickým vybavením, vlivy provozované činnosti s tímto zdrojem spojené a zranitelnost okolí účinky této činnosti. Pracuje se soubory parametrů charakterizujících tyto vlivy, které jsou

přiřazeny jednotlivým úsekům zdroje definované standardní délkou. Výsledkem je stanovení potenciálního ovlivnění kvality vod a horninového prostředí dopravou (POKVD) včetně jeho vyjádření číselným indikátorem (indexem). Z hodnot indexů se pak vychází při návrhu monitorovací sítě, pomocí které lze efektivně sledovat časový a prostorový průběh skutečného znečištění.

Popsaný postup umožňuje použití stejného metodického postupu pro silniční i železniční dopravu. Získané výsledky jsou vždy relativní a vztahují se pouze na oblast, pro kterou byly výpočty provedeny. Velikost této oblasti však není po metodické stránce nijak limitována. Cílem postupu je stanovit potenciální ovlivnění kvality vod a horninového prostředí dopravou ve specifikované oblasti (např. kraj, okres), dát podklady pro sestavení monitorovací sítě včetně návrhu rozsahu sledovaných škodlivých látek.

Při tvorbě metodiky se nejprve vytvoří sada hodnotících parametrů, které vyjadřují vliv posuzovaného zdroje na vodu. Parametry, které nejsou charakterizovány vlastní hodnotou, se ocení známkami, vyjadřujícími svojí stoupající velikostí rostoucí závažnost ohrožení vod a horninového prostředí. Obvykle se jedná o úseky liniového zdroje nestejně délkou. Pak se vytvoří číselné indexy postupem znázorněným na schématu 1. Počet vstupních parametrů není omezen.

Schéma 1. Obecný postup tvorby indexů ze 2 hodnotících parametrů



Operace označená „b“ je postup, při němž je provedena transformace souboru celočíselných hodnot (známek), u kterých se předpokládá binomické rozdělení, na soubor indexů charakteru reálných čísel s jednotkovým rozptylem. Tento postup se aplikuje na parametry, které jsou oceněny malým předem známým počtem známek. Obvykle jich není více než 5.

Operace označená „l“ je postup, při němž je provedena transformace souboru reálných nebo přirozených čísel (hodnot), u kterých se předpokládá logaritmicko-normální rozdělení, na soubor indexů charakteru reálných čísel s jednotkovým rozptylem. Tento postup se aplikuje na parametry, které jsou charakterizovány velikostmi svých hodnot.

Výsledkem popsané operace je soubor individuálních indexů ($index_i$) pro každý ze zvolených parametrů. Tyto soubory se upraví tak, že se celá trasa liniového zdroje rozdělí na standardní hodnotící úseky (SU) stejné délky (maximálně 1 km) a každému z nich se přiřadí odpovídající hodnota indexu. Pokud jednomu SU náleží více hodnot indexů, spočte se jejich průměr vážený odpovídajícími délkami. Ve schématu jsou tyto indexy označeny $index_{SU}$.

Následující operace označená „s“ znamená součet všech $index_{SU}$ pro každý SU, jejímž výsledkem je soubor souhrnných indexů ($index_s$). Tento se další operací „l“ převede na soubor ($index_i$) s jednotkovým rozptylem. Popsaný postup je možné aplikovat na výpočet dílčího indexu, který jedním číslem charakterizuje skupinu parametrů vyjadřující podobné vlivy a ten může jako nová vstupní hodnota projít

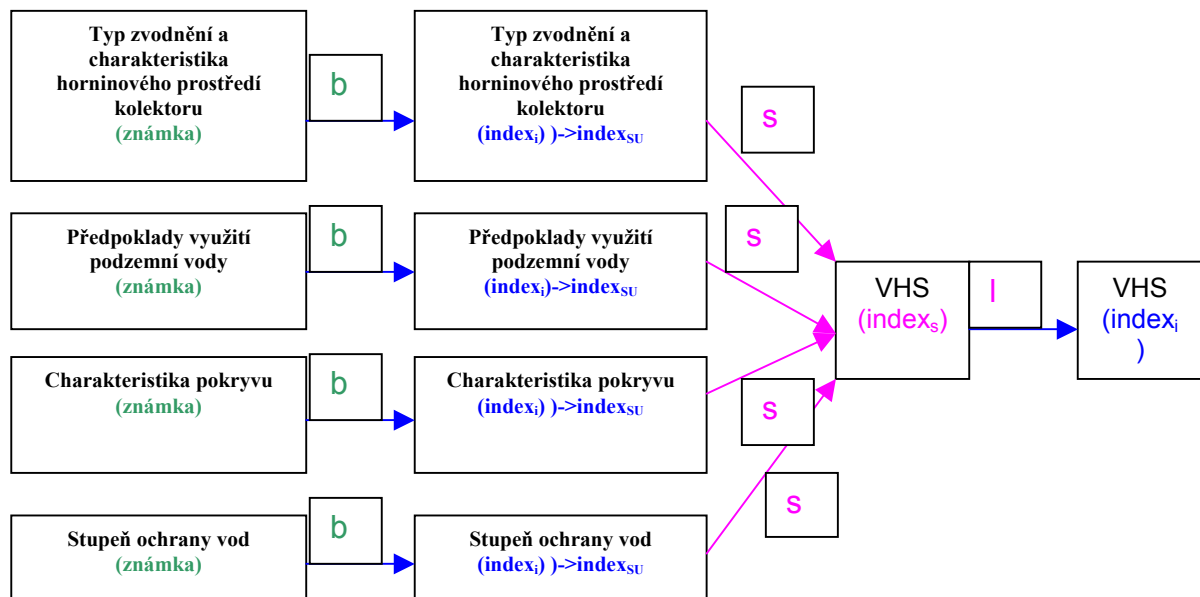
dalším cyklem výpočtů s přibráním zbývajících parametrů, které jsou na tomto dílčím indexu nezávislé.

Indexy se konstruují jako bezrozměrné kladné veličiny tak, aby byl zachován charakter statistického rozdělení stejný jako u původní veličiny a jejich rozptyl byl jednotkový. Hodnoty splňující tyto předpoklady jsou ve schématu 1 jsou označeny jako $(index_i)$. K transformaci primárních dat na indexy se použijí odhady prvních dvou momentů jejich statistických rozdělení - střední hodnoty a rozptylu [5].

Veškeré soubory vypočtených indexů jsou relativní a vztahují se pouze k oblasti, která byla prostřednictvím tohoto postupu hodnocena. Rozsah oblasti však není nikterak omezen, takže může být postup aplikován na libovolnou část liniového zdroje. Pak výsledky vyjadřují vzájemné srovnání jednotlivých SU tohoto zdroje. Může však být použit i na regionální nebo celostátní úrovni, a pak výsledky mohou dávat porovnání nejen mezi různými úseky liniových zdrojů, ale i mezi celými zdroji stejného typu navzájem (např. mezi různými silnicemi, mezi různými železničními tratěmi apod.).

Aplikace postupu popsaného ve schématu 1 na hodnocení vodohospodářské situace (VHS) v okolí liniových zdrojů je popsána schématem 2. Tento index je doporučen používat v metodikách, které se zabývají vlivy na vodu a horninové prostředí. Nezbytným podkladovým materiálem pro výpočet tohoto indexu jsou informace vypovídající o stavu VHS a hydrogeologických poměrech v okolí vybraných komunikací, na něž metodiku aplikujeme. Informace popisující výše zmíněné oblasti byly pro potřeby výpočtu charakterizovány čtyřmi parametry: typem zvodnění a charakteristikou horninového prostředí kolektoru (horizontální riziko znečištění), vodohospodářskou funkcí pokryvů (vertikální riziko znečištění), vodohospodářským významem kolektoru s předpoklady využití podzemní vody a stupněm ochrany vod.

Schéma 2. Postup tvorby indexu VHS



Z výsledného souboru indexů se dalším výpočtem přiřadí jednotlivým SU známky charakterizující potenciální ovlivnění kvality vod a horninového prostředí liniovým zdrojem se slovním ohodnocením dle schématu uvedeného v tab. 1. Pro přehlednost lze vypracovat za podpory GIS mapy hodnocených oblastí s příslušnými komunikacemi, označenými barevně podle rizika ohrožení vod dopravou.

Tab. 1. Hodnotící stupnice potenciálního ovlivnění kvality vod a horninového prostředí dopravou

Riziko ohrožení vod a horninového prostředí dopravou	Známka	Barevné označení v mapě (příklad)	Nepřekročení percentilu [%]
velmi malé	1	modrá	<10
malé	2	zelená	<40
střední	3	fialová	<60
velké	4	červená	<90
velmi velké	5	hnědá	<100

3. Metodika hodnocení kvality vod a horninového prostředí v okolí dopravních sítí

Metodika (METKOM) umožňuje hodnocení komunikací. Při hodnocení vlivu silniční dopravy byly uvažovány kromě vodohospodářské situace jako další parametry: intenzita dopravy, nehodovost, doporučené trasy ADR, přítomnost mostů přes vodní toky.

Tyto parametry byly zpracovány do přehledných tabulek. Pro každý parametr byla stanovena číselná hodnotící stupnice, takže každý úsek posuzované komunikace o stanovené standardní délce SU=500 m byl popsán VHS a dalšími čtyřmi číselnými hodnotami. Výsledkem aplikace METKOM na konkrétní oblast je soubor hodnot POKVD. Součástí METKOM je rovněž seznam zdrojů pro získání všech potřebných informací a popis tvorby map zranitelnosti vod vlivem silničního provozu jako podkladového materiálu pro hodnotící parametry. METKOM obsahuje doporučení pro tvorbu podkladových tabulek včetně software vhodného pro jejich zpracování.

Uvedený postup umožňuje získat hodnoty rizika potenciálního ovlivnění kvality vod a horninového prostředí silniční dopravou na příslušných úsecích komunikací. Aplikace METKOM je vhodným podkladem pro vytvoření návrhu monitorovací sítě, jejímž prostřednictvím je prokazována míra skutečné kontaminace hodnocené oblasti. Umožňuje vytipovat místa, která jsou nejvíce ohrožena provozem na komunikacích. Z hlediska ochrany životního prostředí se jeví jako nejdůležitější ověření kontaminace úseků komunikací, jimž byla přiřazena známka 5, charakterizující nejvyšší stupeň rizika znečištění. Návrh počtu odběrových lokalit je závislý na finančních podmínkách (z hlediska doporučených analýz) a na typu aplikace METKOM. Platí zásada vybrat vždy alespoň jednu srovnávací odběrovou lokalitu na úseku ohodnoceném známkou 1, dále pak minimálně jednu lokalitu ohodnocenou známkou 5 z každé hodnocené komunikace z posuzované oblasti.

Pro monitoring kontaminace horninového prostředí a vod vlivem silniční dopravy byly v METKOM doporučeny ke sledování s ohledem na zdroj znečištění ve vodách, sedimentech i zeminách tyto organické látky:

- 16 polyaromatických uhlovodíků dle metodik EPA, včetně koronenu jako jednoho z významných z indikátorů znečištění z dopravy;
- nepolární extrahovatelné látky (NEL) jako ukazatele ropného znečištění.

Na základě požadavků zadavatele a také v souvislosti s finančním zajištěním aplikace METKOM lze doporučit sledování anorganických látek: Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, V, Zn. Je však třeba brát v úvahu možné přirozeně zvýšené obsahy těchto škodlivých látek na příslušných lokalitách, nebo jejich původ z jiných (bodových) zdrojů znečištění. Jako vhodný doplněk chemických analýz se jeví zahrnutí základní baterie ekotoxikologických testů, které jsou finančně méně náročné, než chemické analýzy a umožňují komplexní pohled na stupeň znečištění

vod a horninového prostředí v okolí komunikací. Jako nejvhodnější se jeví aplikace následujících testů:

- test na sladkovodním korýši *Thamnocephalus Platirus* pro vody, pórovou vodu sedimentů a vodný výluh zemin,
- test na řasách *Scenedesmus Quadricauda* nebo *Raphidocellis Subcapitata* pro vody a pórovou vodu sedimentů,
- test na bakteriích *Vibrio Fischeri* pro vody a pórovou vodu sedimentů.

METKOM rovněž obsahuje doporučené postupy při odběru vzorků všech dotčených složek životního prostředí, jejich transportu do laboratoře a přechovávání před analýzou nebo testováním.

4. Metodika posouzení potencionálního zatížení vod železničním provozem

Metodika (ŽELMET) byla původně zpracována pro hodnocení dopraven. Aktualizací byla její oblast aplikace rozšířena o oblast hodnocení traťových úseků. Zahrnuje dopravní České republiky s možností nakládky nebo vykládky vozových zásilek s výpravním oprávněním pro oblast přepravy vozových zásilek a dopravní bez výpravního oprávnění, avšak technicky vybavené pro nakládku nebo vykládku vozových zásilek (např. manipulační kolejí, boční nebo čelní rampou). Zatížení tratí přepravou nebezpečných látek je hodnoceno pro všechny železniční tratě České republiky.

Za bodové zdroje znečištění jsou považovány dopravní uzly [6] charakterizované třemi skupinami parametrů. VHS charakterizuje zranitelnost podzemních vod nezávisle na charakteru činnosti prováděné v dopravním uzlu, technické vybavení dopraven (TV) je souborem parametrů, který vystihuje rizika spojená s manipulací s nebezpečnými látkami v dopravním uzlu daná jeho technickými parametry. Při výpočtu jejich vlivu je uvažován počet dopravních kolejí, počet manipulačních kolejí, počet výhybek, a počet vleček. Manipulace udává množství nebezpečných látek, se kterými je v uzlu manipulováno (např. nakládka, vykládka, tranzit). Nebezpečnými látkami [7], které jsou předmětem hodnocení Metodiky, jsou benzín, motorová nafta, chemické výrobky, minerální hnojiva, tekutá a plynná paliva, s nimiž bylo manipulováno v dopravních nebo které byly přepravovány na železničních tratích ve třech po sobě jdoucích letech.

Za liniové zdroje jsou považovány traťové úseky charakterizované podobně jako v předcházejícím případě parametrem VHS a Manipulací, vyjadřující v tomto případě přepravu nebezpečných látek. Parametr vyjadřující TV u traťových úseků není při hodnocení uvažován.

ŽELMET obsahuje stručný popis matematického aparátu použitého k výpočtům. Dále uvedený metodický postup výpočtu ukazuje v šesti podrobně dokumentovaných krocích využití tabulkového procesoru pro výpočty všech indexů, demonstrovány na traťovém úseku Brno – Česká Třebová. Konečným výstupem je názorná tabulka POKVD pro všechny SU délky 1 km (tab.2).

Tab. 2 Potenciální ovlivnění kvality vod dopravou na trati Brno hl. nádraží – Česká Třebová.

Počátek km	Konec km	Známka POKVDN	Počátek km	Konec km	Známka POKVDN	Počátek km	Konec km	Známka POKVDN	Počátek km	Konec km	Známka POKVDN
0,00	1,00	1	23,00	24,00	3	46,00	47,00	4	69,00	70,00	5
1,00	2,00	1	24,00	25,00	2	47,00	48,00	4	70,00	71,00	5
2,00	3,00	5	25,00	26,00	4	48,00	49,00	4	71,00	72,00	5
3,00	4,00	5	26,00	27,00	4	49,00	50,00	4	72,00	73,00	4
4,00	5,00	2	27,00	28,00	4	50,00	51,00	4	73,00	74,00	2
5,00	6,00	3	28,00	29,00	4	51,00	52,00	4	74,00	75,00	2
6,00	7,00	3	29,00	30,00	4	52,00	53,00	3	75,00	76,00	2
7,00	8,00	3	30,00	31,00	4	53,00	54,00	3	76,00	77,00	2
8,00	9,00	3	31,00	32,00	4	54,00	55,00	4	77,00	78,00	2
9,00	10,00	3	32,00	33,00	4	55,00	56,00	4	78,00	79,00	2
10,00	11,00	3	32,00	34,00	4	56,00	57,00	4	79,00	80,00	2
11,00	12,00	2	34,00	35,00	4	57,00	58,00	4	80,00	81,00	2
12,00	13,00	2	35,00	36,00	4	58,00	59,00	4	81,00	82,00	2
13,00	14,00	2	36,00	37,00	4	59,00	60,00	3	82,00	83,00	2
14,00	15,00	2	37,00	38,00	4	60,00	61,00	3	83,00	84,00	1
15,00	16,00	2	38,00	39,00	3	61,00	62,00	3	84,00	85,00	1
16,00	17,00	2	39,00	40,00	2	62,00	63,00	5	85,00	86,00	1
17,00	18,00	1	40,00	41,00	2	63,00	64,00	5	86,00	87,00	2
18,00	19,00	1	41,00	42,00	2	64,00	65,00	4	87,00	88,00	2
19,00	20,00	1	42,00	43,00	3	65,00	66,00	2	88,00	89,00	3
20,00	21,00	1	43,00	44,00	3	66,00	67,00	5	89,00	90,00	3
21,00	22,00	3	44,00	45,00	3	67,00	68,00	5	90,00	91,00	2
22,00	23,00	3	45,00	46,00	3	68,00	69,00	5			

Závěr

Obou Metodik lze využít jako podkladů pro vytipování úseků komunikací a železničních tratí, na kterých hrozí největší nebezpečí ohrožení kvality vod a horninového prostředí, zejména při zpracovávání návrhů opatření směřujících k redukci znečištění zmíněných složek ŽP v okolí dopravních cest. Jejich aplikací lze dosáhnout stanovení optimálního počtu a umístění monitorovacích lokalit.

Literatura

- [3] Švanda, J., Huzlík, J., Trhlíková, B. Ochrana vod před negativními vlivy železničního provozu. Výzkumná zpráva č.: S 401 330 604, Brno: CDV, 2001, s.41.
- [4] Adamec, V., Huzlík, J., Marešová, V., Šucmanová, M., Trhlíková, B. Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy. Výzkumná zpráva č.:CE 801 210 109 Brno: CDV (CZ), 2002, s. 72-94.
- [5] Adamec, V., Huzlík, J., Marešová, V., Sucmanová, M., Trhlíková, B. Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy. Výzkumná zpráva č.:CE 801 210 109 Brno: CDV (CZ), 2003, s. 101-117.
- [6] Meloun, M., Militký, J. Statistické zpracování experimentálních dat. 2. vydání, v EAST PUBLISHING 1. vydání. Praha: EAST PUBLISHING, 1998, s. 839, ISBN 80-7219-003-2.
- [7] ČD SR 70 (Sei). Číselník železničních stanic a ostatních tarifních a dopravně zajímavých míst (služební rukověť)
- [8] ČD M 32. Směrnice k ochraně životního prostředí před znečištěním nebezpečnými látkami.

Externí náklady životních cyklů alternativních paliv v dopravě na příkladu bioetanolu a metylesteru řepkového oleje

Vojtěch Máca

*Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy v Praze
U Kříže 8, 150 00 Praha 5*

Abstrakt

This paper deals with a comparison of environmental external costs of two automotive biofuels – bioethanol and biodiesel. It aims at encompassing the whole life cycle (cradle-to-grave) chain from agriculture production to end-use in a vehicle. However, due to limited data availability and reliability we refrain from inclusion of certain aspects from the whole chain. Thus, only external costs from nitrogenous fertilizer production and use of diesel fuel in machinery are included in the agriculture sector, external costs from electricity and heat production are only estimated in the transformation step and in the use phase we refer to external cost changes only due to fossil greenhouse gas emissions avoided. We assume this simplification acceptable, since the scope retained covers the most important factors quoted in literature. Finally, a brief comparison with conventional fossil fuels is provided. The analysis shows that generally positive environmental performance of biofuels is substantially affected by large fossil energy inputs (fertilizers, auxiliary energy for transformation).

Úvod

Pokračující diskuse o formách podpory alternativních paliv, která na evropské úrovni vedla k přijetí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě v květnu 2003. Tato směrnice stanovila jako referenční cíl dosažení podílu biopaliv na celkovém prodeji benzínu a nafty pro dopravní účely ve výši 2 % v roce 2005 a 5,75 % v roce 2010. Česká republika tento závazek nesplnila, když podíl biopaliv na domácím trhu dosáhl v roce 2005 pouze 0,046 %¹.

Tento příspěvek shrnuje průběžné výsledky hodnocení externích nákladů výroby a užití dvou v současnosti nejpoužívanějších biopaliv – bionafty, tj. metylesteru vyšších mastných kyselin (v tomto případě metylesteru řepkového oleje – MEŘO) a bioetanolu, tedy etanolu vyrobeného z biomasy (zde uvažována výroba z pšenice, resp. příbuzné obilniny např. žitovce) s použitím metodologie ExternE. Částečně pak navazuje na výsledky projektu kvantifikujícího externí náklady výroby elektřiny a tepla v podmínkách ČR zpracovávaného v letech 2003-5 pro Ministerstvo životního prostředí².

¹ Zatímco celkový objem prodeje benzínu a nafty na domácím trhu pro dopravní účely dosáhl zhruba 5,76 mil. tun, prodej směsné nafty (s obsahem 31 % bionafty) dosáhl přibližně 10 tis. tun [1].

² Projekt VaV/320/1/03 „Externí náklady výroby elektřiny a tepla v podmínkách České republiky a metody jejich internalizace“

Hodnocení externích nákladů výroby a použití biopaliv není příliš časté³, doposud se pozornost upírá především na analýzu energetické bilance a bilance skleníkových plynů⁴, v některých případech jsou v rámci životního cyklu brány rovněž v úvahu i další emise⁵.

Metodika, vstupní data

Kvantifikace externích nákladů vychází z metodiky ExternE [7, 8], která používá přístup hodnocení dráhy dopadu (impact-pathway approach – IPA), rámcově shodný s přístupem hodnocení životního cyklu. IPA však převádí v dalších krocích převádí výsledné fyzické dopady, které představují externí efekty, na společný denominátor – peněžní jednotky. Tento přístup tedy zahrnuje inventarizaci místně a technologicky specifických emisí, modelování jejich rozptylu na lokální a regionální úrovni a s použitím stanovených funkcí koncentrace (dávka) – odpověď odvození dopadů na lidské zdraví (v podobě dodatečných onemocnění a předčasných úmrtí), zemědělskou produkci, budovy a stavební materiály. Poslední krok představuje ocenění těchto škod, které je v případě absence tržní ceny (což je u těchto efektů častým případem) odvozováno pomocí netržních metod oceňování zjišťujících ochotu platit/akceptovat změnu kvality daného statku.

S ohledem na relativně komplexní povahu výrobních cyklů biopaliv je kvantifikace omezena pouze na emise klasických polutantů (SO_x, NO_x, CO, VOC, PM) a skleníkových plynů do ovzduší. U klasických polutantů je dominantním efektem poškození lidského zdraví, které je do značné míry ovlivněno hustotou osídlení v okolí místa emise a výškou nad povrchem ve které je emise vypouštěna. Emise z vozidla (výfukové plyny, odpary z nádrže, opotřebením pneumatik a brzdových destiček) tak působí především na lokální úrovni, zatímco emise z velkých spalovacích zařízení (elektrárny, teplárny) jsou díky výšce komínu roznášeny na podstatně větší území. V případě emisí skleníkových plynů je jejich vliv považován za globální a odhad mezních společenských nákladů byl proveden modelem FUND v rámci rozvíjení metodiky ExternE [9].

Hodnocení životního cyklu je nazíráno jako komplexní systém hlavních a vedlejších vstupů a výstupů a vymezeným ohraničením systému. Ve snaze o zachování transparentnosti následujeme vymezení použité ve dvou na sebe navazujících studiích [5, 6]. Maximální možné míře jsou používána původní data relevantní pro české podmínky – data o zemědělské produkce pocházejí z normativů zemědělské výroby [10], data o vstupech a výstupech z konverze na biopalivo z dokumentací k posouzení vlivu na životní prostředí [11, 12], odhady externích nákladů výroby elektřiny a tepla jsou převzaty ze zmíněného projektu zpracovaného pro MŽP, odhady externích nákladů z výroby a aplikace dusíkatých hnojiv jsou převzaty z evropského projektu SusTools [13]. Emisní charakteristiky zemědělských strojů jsou převzaty ze švédské studie [14] a pro emise ze silničního provozu jsou použity emisní faktory z databáze TREMOVE verze 2.40 [15].

Do kalkulace externích nákladů nejsou v této fázi zahrnuty přepravy surovin, produktů, meziproductů ani případné míchání s konvenčními palivy. Vzhledem k tomu, že jsou v případě obou biopaliv do značné míry podobné, jejich zanedbání

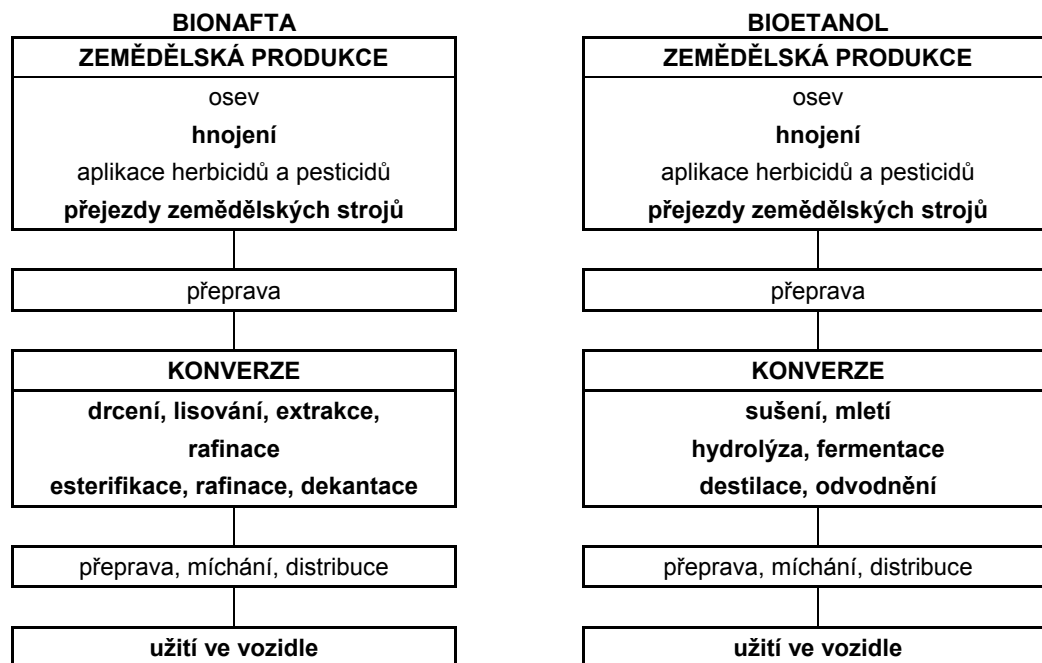
³ V Evropě jsme našli pouhé dvě studie, které se týkají biopaliv, obě přitom vycházejí z metodiky ExternE, první v podmínkách Belgie [2], druhá v podmínkách Kastilie-Leonu [3].

⁴ Rozsáhlá evropská studie je zpracovávána konsorciem JRC, EUCAR a CONCAWE [4], další studie byla zpracována pro britské ministerstvo průmyslu a obchodu [5].

⁵ Příkladem takové studie je participativní hodnocení životního cyklu biopaliv zpracované pro nizozemskou vládu [6].

nebude mít zásadní vliv na vzájemné srovnání. Následující schéma zjednodušeně přibližuje výrobní procesy obou biopaliv. Pro názornost jsou zvýrazněny procesy, které jsou v kvantifikaci zahrnuty.

Obr. 1. Schéma životního cyklu bionafty a bioetanolu



V komplexních systémech s více než jedním výstupem je podstatnou náležitostí rozdělení spotřeby vstupů na jednotlivé produkty. V zásadě jsou dva způsoby řešení tohoto problému a to buď rozšíření systému (kdy je uvažováno s nahrazením některého produktu mimo systém) nebo alokace, tj. rozdělení zátěže životního prostředí z výrobních procesů na všechny produkty). Pro tento přístup se pak používá buď ekonomická alokace (podle tržní ceny jednotlivých produktů) nebo materiálové (případně energetická) alokace. V našem případě vycházíme z ekonomické alokace⁶.

Jako funkční jednotka, pro kterou jsou externí náklady vyjádřeny, je použita jednotka energetického obsahu pro výrobu biopaliva (GJ) a dopravního výkonu pro celý životní cyklus (100 vozokilometrů).

Pro kvantifikaci jsou použity jednotkové externí náklady odvozené v předchozích projektech používajících metodiku ExternE. Následující tabulka ukazuje typické hodnoty odvozené pro střední Evropu.

Tab. 1. Environmentální externí náklady (v EUR na tunu polutantu)

Polutant	Rozmezí nákladů
SO ₂	8 000 – 23 000
NO _x	7 300 – 20 000
VOC	1 000 – 3 000
PM _{2,5}	32 000 – 91 000
NH ₃	20 000 – 57 000

Zdroj: AEAT [16]

⁶ Pro alokaci jsou použity následující ceny hlavních a vedlejších produktů (cena za tunu): řepka 5 500 Kč, pšenice 2 800 Kč, sláma 200 Kč, řepná sláma 0 Kč, sušené lihovarské výpalky (jako krmivo) 3 400 Kč, řepkové pokrutiny 2 650 Kč, surový glycerin 1 400 Kč, bioetanol 16 500 Kč, bionafta 19 500 Kč.

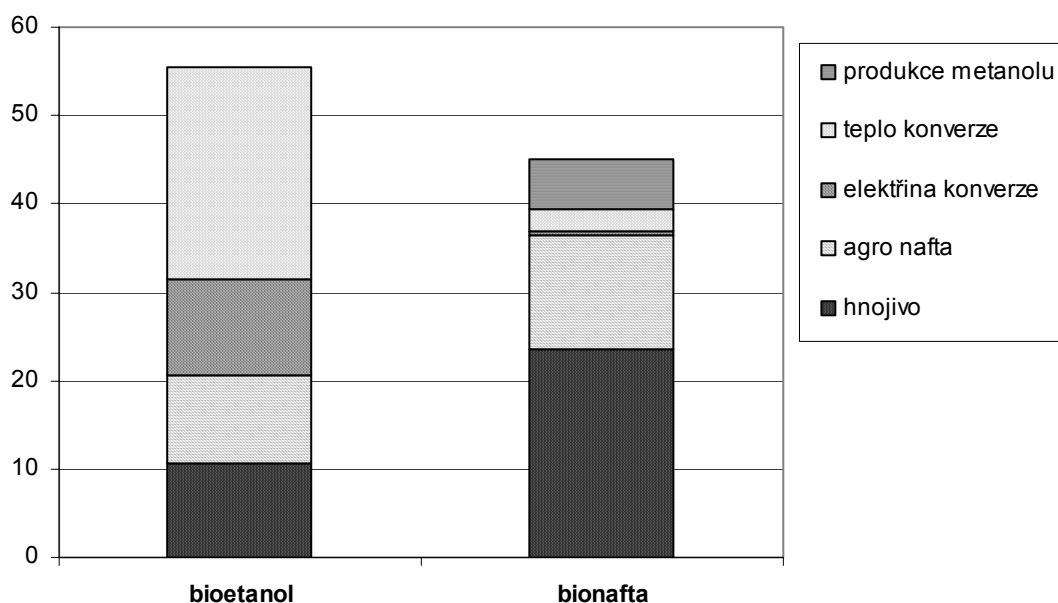
Pro externí náklady nitrátových hnojiv je použita hodnota 0,31 EUR/t, pro výrobu elektřiny pak hodnota 0,9 Kč/kWh, pro výrobu tepla ze zemního plynu 35 Kč/GJ, v případě uhlí pak 80 Kč/GJ.

Externí náklady výroby biopaliv

Pěstování a sklizeň řepky i pšenice vyžaduje relativně velké vstupy, spotřeba nitrátových hnojiv je uvažována ve výši 150 kg/ha/rok řepky a 80 kg/ha/rok pšenice, spotřeba paliva pak 81 l/ha/rok u řepky a 75 l/ha/rok u pšenice [10].

Konverzní procesy u obou biopaliv jsou energeticky náročné, v případě bioetanolu dokonce velmi významně. Protože jsou uvažovány stávající technologické procesy, je většina spotřebované energie fosilního původu. Případné zvýšení podílu obnovitelných zdrojů by tedy mohlo podstatně zlepšit celkovou bilanci. Podobně změna stávajícího standardu pro bionaftu připouštějící esterifikaci bioetanolem namísto stávajícího metanolu (případně zahájení výroby bioetanolu) by rovněž zlepšilo environmentální parametry výroby.

Obr. 2. Externí náklady výroby bioetanolu a bionafty (v EUR/t biopaliva)



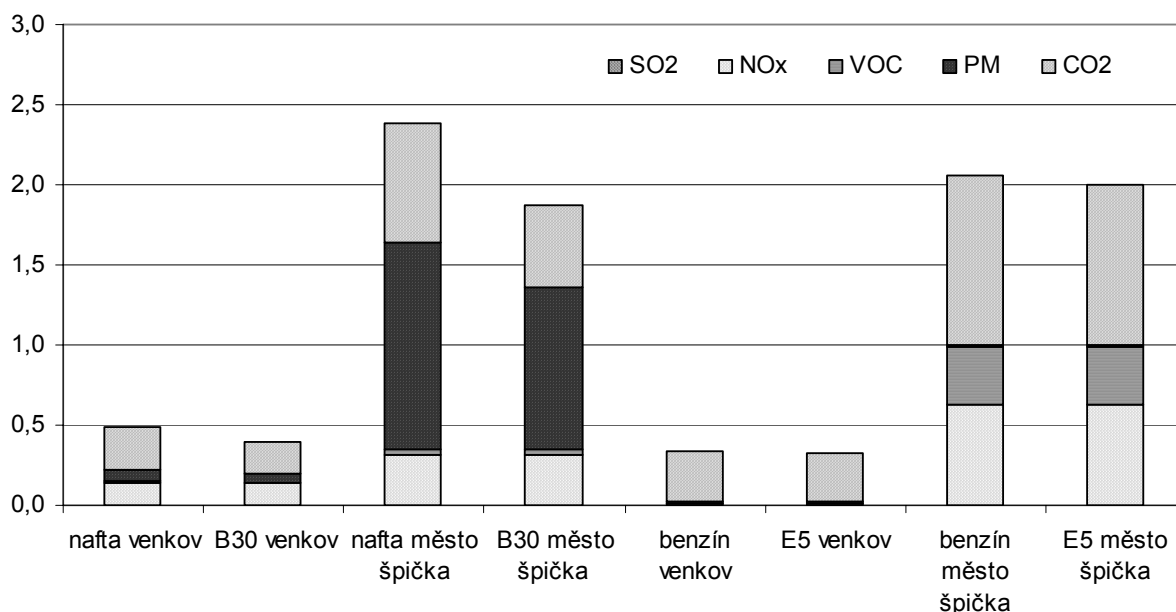
Z grafu je patrné, že ve výrobním cyklu bioetanolu největší zátěž životního prostředí představuje fáze konverze, zatímco u bionafty je to samotné pěstování vstupní komodity – řepky. Pokud bychom srovnání přepočítali na energetický obsah biopaliva, bude na tom bioetanol ještě o něco hůře, neboť čistá kalorická hodnota bioetanolu je ve srovnání s bionaftou přibližně o 28 % nižší [5].

Externality z provozu vozidla

S ohledem na fakt, že srovnání externích nákladů vychází ze stávajících technologií používaných v ČR, není příliš smysluplné srovnávat použití biopaliv v jejich čisté formě, neboť v takové podobě ani nejsou dostupné u čerpacích stanic a podle strategie rozvoje biopaliv [17] pravděpodobně ani v blízké době nebudou. Z toho důvodu jsme pro srovnání zvolili směsnou naftu (s obsahem biosložky minimálně 30 %, B30) a automobilový benzín s přídavkem 5 % bioetanolu (E5).

V obou případech je uvažováno snížení emisí oxidu uhličitého odpovídající obsahu nefosilní složky paliva (vycházíme z předpokladu, že toto množství oxidu uhličitého je opětovně vázáno při růstu pšenice resp. řepky). Dále u směsné nafty počítáme se snížením emisí tuhých částic přibližně o 20 %, jak ukazují testy provedené na motoru koncernu Volkswagen 1,9 TDI [18], který je v ČR běžně provozován. U směsi benzínu s bioetanolem není uvažována změna emisí jiných polutantů, neboť se jedná o dosti nízký přírůstek a významnější změny nebyly sledovány ani při testech motoru Škoda 1,4 MPI [19]. Rovněž není brána v úvahu možná změna spotřeby paliva. Pro modelový příklad představený na následujícím obrázku jsou použity emisní faktory a silniční profily pro ČR z modelu TREMOVE [15].

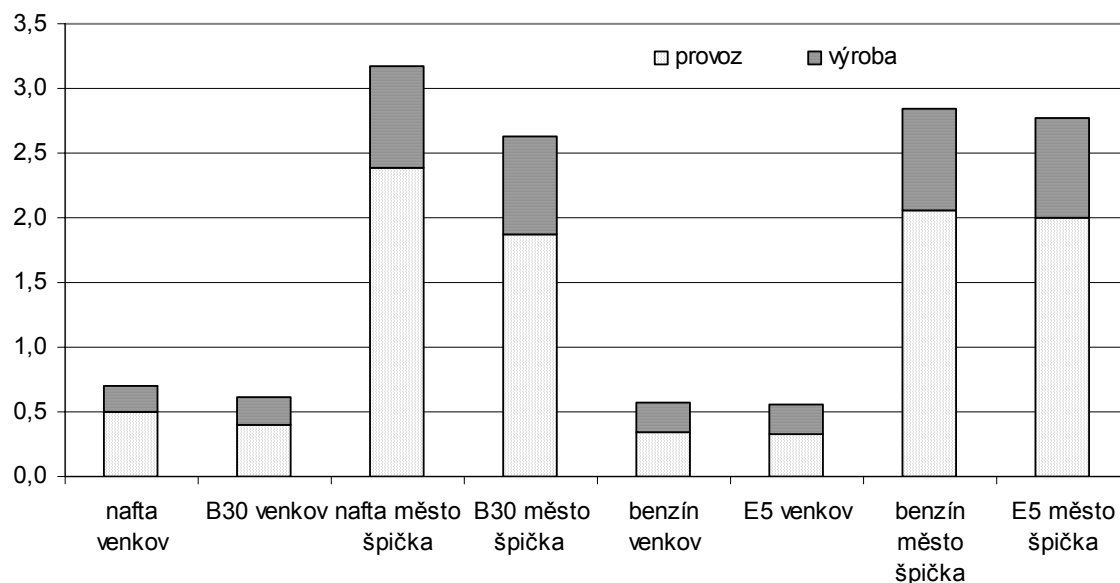
Obr. 3. Emise z provozu automobilu (EURO III, motor 1,4 – 2,0 l, v EUR/100 vozokm)



Nejvýznamnější pokles lze sledovat v městském provozu, což je způsobeno vyšší spotřebou, ke které jsou emise CO₂ přímo úměrné. Je však potřeba poznamenat, že znalosti o vlivu přísadků biopaliv do konvenčních pohonných hmot na emise jsou v současnosti dosti kusé a navíc vykazují dosti odlišné výsledky i u relativně podobných motorů. Dále nelze pominout skutečnost, že díky nižšímu energetickému obsahu biopaliv bude u vyšších koncentrací docházet ke zvýšení spotřeby (zvláště pokud jde o bioetanolu), což do určité míry sníží pokles emisí CO₂ fosilního původu.

V následující tabulce je nastíněno srovnání celého životního cyklu. Hodnoty externích nákladů výroby benzínu a nafty jsou převzaty opět z modelu TREMOVE.

Obr. 4. Celkové externí náklady (os. Automobil, EURO III; 1,4 – 2,0 l; v EUR/100 vozokm)



Závěr

Provedená kvantifikace environmentálních externích nákladů výroby a použití bioetanolu a bionafty i přes svůj omezený rozsah ukazuje, že výše těchto nákladů je řádově srovnatelná. S ohledem na možnou vysokou variability výrobních procesů (dávkování hnojiv, způsob výroby elektřiny a tepla apod.) jsou výsledné hodnoty zatíženy značnou nejistotou. Některé modifikace výroby (např. využití části slámy při výrobě tepla) pak mohou přinést další snížení environmentální zátěže a uzavření celého výrobního cyklu.

Literatura

- [1] MPO (2006) Vyhodnocení statistických údajů z energetiky za rok 2005, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Praha
- [2] JRC, Concawe, EUCAR (2006) Well-to-Wheel Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context – a 2006 update, Ispra, dostupné na <http://ies.jrc.cec.eu.int/WTW>
- [3] SenterNovem (2005) Participative LCA on biofuels, Rapport 2GAVE-05.08, Haag
- [4] European Commission (2005) ExternE: Externalities of Energy, Methodology 2005 Update, Directorate-General for Research, Luxembourg
- [5] Kavka M. a kol. (2005) Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha
- [6] Rabl A. et al. (2004) Damage Costs of Nitrogen Fertilizer and their Internalisation, Final report of Work package IV, SusTools – Tools for Sustainability: Development and Application of an Integrated Framework, dostupné na www.arirabl.com
- [7] Lindgren M. (2004) Engine Exhaust Gas Emissions from Non-road Mobile Machinery, doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Science, Uppsala
- [8] Transport & Mobility Leuven (2005) TREMOVE model, version 2.40, dostupné na www.tremove.org
- [9] Šebor G. a kol. (2005) Dlouhodobá strategie využití biopaliv v České republice, Ministerstvo obchodu a průmyslu ČR, Praha
- [10] TUV-UVMV (2003) Použití lihobenzinových směsí k pohonu zážehových motorů, technická zpráva, Praha, listopad 2000.

Hodnocení externích nákladů z dopravy: pohled metodologie ExternE

Jan Melichar

Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy

U Kříže 8, 158 00 Praha 5 – Jinonice

E-mail: jan.melichar@czp.cuni.cz

Abstrakt

This paper describes ExternE methodology that is nowadays employed for assessment of external costs originating from transport and energy sector. ExternE uses an impact-pathway analysis that builds on a bottom-up approach. Impact categories covered include human health (mortality and morbidity), crops, buildings, ecosystems as well as impacts related to climate change. Damages expressed in physical units are usually monetised using non-market valuation methods or market prices. In contrast to various abatement cost approaches this approach is broadly consistent with economic theory as it aims at measuring specific change in welfare.

Úvod

Doprava patří mezi významné zdroje dopadů, které ovlivňují kvalitu životního prostředí a lidského zdraví. Znečišťující látky pocházející z dopravy, jako jsou např. emise oxidu dusíku, tuhých částic, oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého a těkavých organických látek, působí škody na lidském zdraví, zemědělské produkci, budovách a materiálech a dále přispívají ke změnám klimatu. Ve většině případů tyto dopady představují externalitu. V případě, že externí náklady nejsou zohledněny v procesu rozhodování, může vést existence externalit ke snížení blahobytu jednotlivců a celé společnosti a také k ne-optimálnímu rozdělování zdrojů. Alespoň z pohledu ekonomické teorie je důležité kvantifikovat a zahrnout tyto externí náklady do ekonomické analýzy a nastavit tak správné ceny (*true prices*) ekonomických aktivit a tedy i dopravy.

Cílem tohoto příspěvku je představit metodologii ExternE (*Externalities of Energy*), která je již 15 let rozvíjena a používána v rámci výzkumných projektů Evropské komise (EK) k peněžnímu hodnocení externích nákladů pocházejících zejména z výroby elektřiny a tepla, a také z dopravy [1]⁷.

Metodologie ExternE vychází z analýzy fáze drah dopadů (*impact pathway approach, IPA*). IPA přistupuje k analýze externalit ze zdola nahoru, tzv. „*bottom-up*“ přístup. Výhodou *bottom-up* přístupu je využití detailních atmosférických disperzních modelů a dále skutečnost, že jsou při kvantifikaci externích nákladů rozlišovány jednotlivé typy paliv, použité technologie a specifické podmínky v lokalitě (místní a regionální meteorologické podmínky, hustota populace, druh zemědělských plodin atd.) [2].

Na základě tohoto výzkumu podporovaného z 3. – 6. Rámcového programu EK pro výzkum a technologický vývoj byla podpořena některá politická opatření EK a byla vydána řada dokumentů a směrnic. Přímé využití tohoto evropského výzkumu

⁷ Hodnocení externalit z dopravy bylo uskutečněno např. v rámci projektu *ExternE Transport*. Projekt byl zaměřen na hodnocení dopadů způsobených jednotlivými způsoby dopravy, a také na hodnocení nových technologií a paliv v dopravě.

lze najít v koncepčních materiálech a politikách týkající se snížení emisí⁸ nebo při stanovení národních emisních stropů⁹.

Externí náklady

Externí náklady jsou způsobeny jak spotřebními tak i produkčními ekonomickými aktivitami. Jsou příčinou tržního selhání (*market failure*) a vedou k alokaci zdrojů, která je z pohledu společnosti ne-optimální. Teoreticky, externality vedou k situaci, kdy nelze uplatnit první teorém ekonomie blahobytu a trh nedosahuje Pareto efektivity.

Podle Kolstada [7] externalita existuje v případě, kdy rozhodování spotřebitele nebo výrobce vstupuje do užitkové nebo produkční funkce jiného ekonomického subjektu, aniž by k tomu dal tento subjekt souhlas nebo byl za to kompenzován. Je proto důležité vyloučit ty aktivity ekonomických subjektů, které jsou ve vzájemné shodě obou aktérů nebo pro které existuje kompenzace.

V případě negativní externality existuje rozdíl mezi soukromými a společenskými náklady dané ekonomické činnosti. Soukromé náklady, které jsou určovány tržními cenami zdrojů, zajišťují nejlepší možnost, jak využívat tyto zdroje z pohledu výrobce. Oproti tomu společenské náklady jsou tvořeny soukromými náklady a externími náklady. Zajišťují nejlepší možnost využití zdrojů z pohledu celé společnosti. Pokud trh selhává v případě externalit, nemá výrobce maximalizující zisk důvod k začlenění externích nákladů do svého rozhodování. Soukromé náklady dané aktivity jsou tak nižší než jsou náklady společenské. V případě, že výrobce bude mít podnět ke snížení negativního environmentálního dopadu, bude externalita internalizována (tj. bude soukromým nákladem), viz. obrázek 1.

Coase [9] navrhuje internalizovat externality prostřednictvím vyjednávání mezi znečišťovatelem a poškozenými subjekty, ale pouze v případě, pokud jsou nízké transakční náklady a plná informovanost. Další možností jsou vládní intervence, zvláště v případech, kdy existuje mnoho dotčených subjektů. Touto možností může být Pigouviánská daň, která je stanovena ve výši mezních externích nákladů [10]. Toto řešení však vyžaduje, aby autorita, která zavádí daň, byla schopna určit funkci externích nákladů.

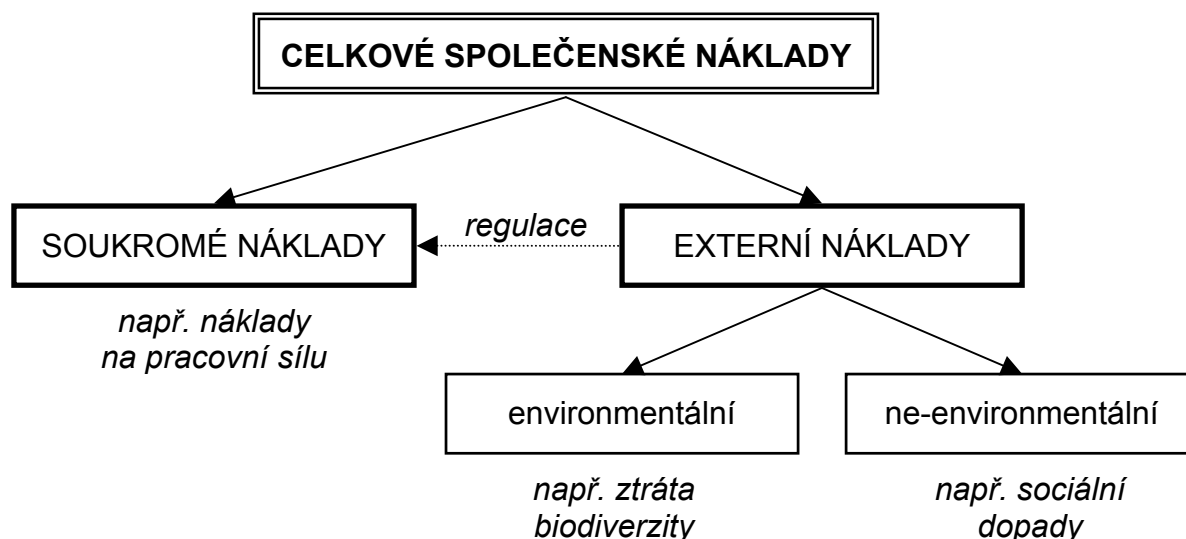
Oceňování externalit v teorii

Teoretické základy ekonomického hodnocení externalit vycházejí z ekonomie blahobytu. Ekonomická hodnota environmentálního statku je odvozena z preferencí jednotlivců. Nástrojem pro analýzu změny blahobytu je teorie užitku. Pro stanovení velikosti změny blahobytu se využívají ekonomické ukazatele změny blahobytu. Tyto ukazatele vycházejí z uspokojení jednotlivce a jsou vyjádřeny v peněžních jednotkách. Monetarizované dopady uvažovaných změn pak mohou být agregovány pro dotčenou populaci.

⁸ např. EU Directive on fine particles, NO₂, SO₂ and lead [3], EU Directive on CO and benzene [4], The pending EU Directive on mercury, cadmium, nickel and arsenic [5].

⁹ např. The UN/ECEs Gothenburg Protocol to abate acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe [6].

Obr. 1: Celkové společenské náklady výrobní činnosti



Zdroj: [8]

Nejstarším a stále nejvíce využívaným ekonomickým odhadem změny blahobytu je spotřebitelský přebytek (*consumer surplus*, CS). CS je tradiční měrou odhadu čistých změn užítka spotřebitele.

Od 70. let 20. století vědecké práce ukázaly, že CS je přesným odhadem změny blahobytu jen za velmi specifických podmínek. Dalšími ekonomickými ukazateli změny blahobytu je kompenzační variace (*compensating variation*, CV) a ekvivalentní variace (*equivalent variation*, EV), které byly rozpracovány Hicksem ve 40. letech minulého století. Za určitých předpokladů poskytují koncepty CS, CV a EV stejné odhady [11].

V případě pozitivní změny, která zvyšuje blahobyt spotřebitele, je CV rovna maximální ochotě platit (*willingness to pay*, WTP) a EV je rovna minimální ochotě přijmout kompenzaci (*willingness to accept*, WTA).

Oceňování externalit v praxi

Pro hodnocení externalit, ať už v sektoru energetiky nebo dopravy, je možné využít jednoho ze dvou metodologických přístupů: přístup nákladů na zamezení (*abatement cost approach*) a přístup ekonomických škod (*damage cost approach*).

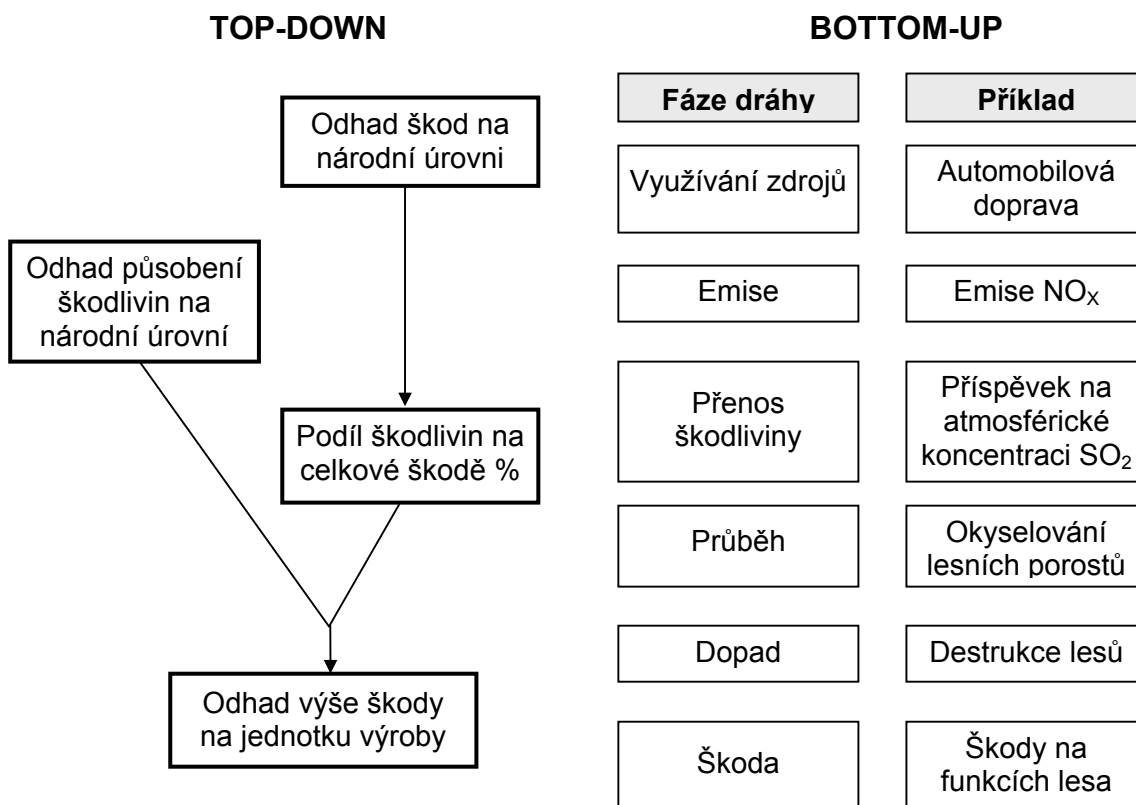
Přístup nákladů na zamezení zjišťuje náklady na kontrolu či snížení škod nebo náklady vynaložené na dosažení legislativních limitů. Tyto náklady považuje za implicitní hodnotu škod, kterým se podařilo zamezit. Pearce et al. [12] však poukazuje na nereálný předpoklad tohoto přístupu, kdy ti, kdož se rozhodují, uskutečňují optimální rozhodnutí, tj. znají reálné náklady na zamezení a škody. Ve skutečnosti odhadnuté náklady na zamezení nereflktují reálnou výši škod.

Přístup škod zjišťuje na základě preferencí výši čistých ekonomických škod, které jsou spojeny s negativními externalitami. Tento přístup je rozdělen do dvou kategorií: *top-down* a *bottom-up*. Top-down přístup využívá pro hodnocení externích nákladů (např. určité znečišťující látky) agregátní údaje, viz. obrázek 2. Na národní úrovni je zjištěno celkové množství škodlivé látky a jsou odhadnuty ve fyzických jednotkách celkové škody způsobené touto škodlivinou. Následně je škoda vyjádřena na jednotku dané škodliviny. Škody ve fyzických jednotkách jsou poté přiřazeny

jednotlivých zdrojů znečišťování a převedeny do monetárních jednotek. Hlavním důvodem kritiky tohoto přístupu je, že nezohledňuje místně specifické druhy dopadů a jednotlivé stupně palivového cyklu. Dále se tento přístup spoléhá na přibližné odhady dopadů, viz. [13], [14] a [15].

Přístup bottom-up sleduje škody pro jeden zdroj znečišťování, kvantifikuje a monetarizuje škody prostřednictvím drah dopadů, viz. obrázek 2. Pro ohodnocení externalit touto metodou jsou využívány technologická a místně specifická data, rozptylové modely, informace o receptorech a funkce dávka odpověď. (*dose-response function*). Škody vyjádřené ve fyzických jednotkách jsou zpravidla monetarizovány pomocí netržních metod oceňování: metody vyjádřených preferencí (*stated preference technique*) a metody odhalených preferencí (*revealed preference technique*).

Obr. 2: Ilustrování top-down a bottom-up přístupu na příkladu ocenění externalit



Zdroj: [16]

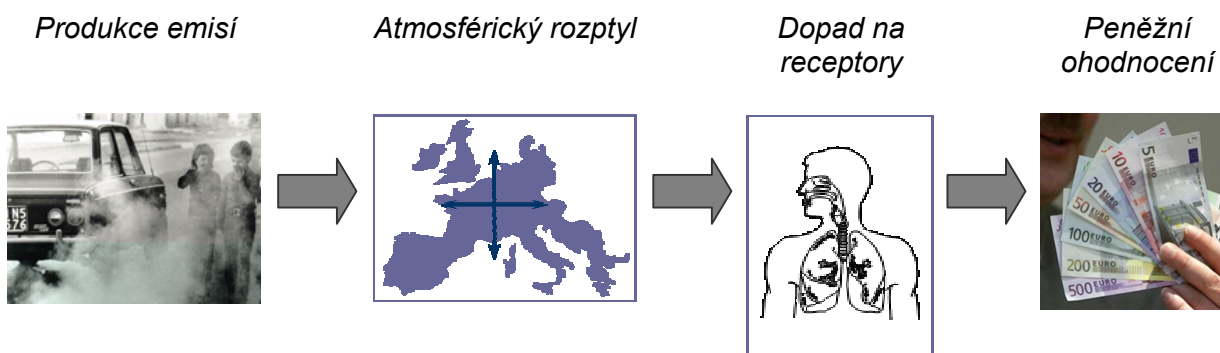
Kritika tohoto přístupu spočívá v tom, že jsou hodnoceny pouze dráhy dopadů, pro která jsou snadno dostupná data. Podle Clarka [17] v bottom-up studiích nejsou hodnoceny dopady, pro které nejsou k dispozici relevantní údaje. I přes tuto kritiku, je bottom-up přístup stále v souladu s ekonomickou teorií, jelikož se zaměřuje na konkrétní změny blahobytu (na rozdíl od přístupu nákladů na zamezení). V současnosti je proto často využíván pro empirické hodnocení externalit v oblasti dopravy a energetiky, jako je tomu u ExternE metodologie.

Metodologie ExternE

Jak již bylo v úvodu zmíněno, velký pokrok v oblasti analýzy a hodnocení externích nákladů z energetických systémů a dopravy byl učiněn díky několika významným projektům Evropské komise, např. [18], [19]. Nejkomplexnější a nejuznávanější metodou pro posouzení externích dopadů z výroby a užití energie jak v sektoru energetiky tak dopravy představuje v současnosti metodika ExternE, která vzešla z těchto projektů. ExternE aplikuje přístup analýzy fáze drah dopadů, která vychází z bottom-up přístupu¹⁰. Ten umožňuje analyzovat specifické mezní dopady různých technologií v určitém místě a čase. To je důležité z toho důvodu, že externí náklady závisí na podmínkách lokality, ve kterých je posuzována technologie využívána.

Analýza drah dopadů sleduje cestu jednotlivých znečišťujících látek od místa, kde jsou látky emitovány, až po dotčené receptory (obyvatelstvo, zemědělská produkce, lesní ekosystémy, budovy atd.). V rámci této analýzy je zjišťována závislost mezi zvýšenou koncentrací určité škodliviny vyvolané např. dopravou a výší dopadu na vybraný receptor. Tento dopad je poté vyjádřen ve fyzických jednotkách. Pro tento účel se využívají funkce dávka-odpověď (dávka jako například zvýšené koncentrace NO_x a odpověď jako je počet astmatických záchvatů nebo hospitalizací v populaci). Následně se provádí ekonomické ohodnocení dopadů na lidské zdraví, zemědělskou produkci, budovy, materiály a ekosystémy¹¹. Tento přístup ve zjednodušené podobě přibližuje obrázek 3.

Obrázek 3: Zobrazení analýzy fáze drah dopadů



Základní fáze této analýzy lze shrnout do 4 následujících kroků:

(i) *emise*: určení analyzovaných technologií a určení jednotlivých znečišťujících látek a jejich množství (např. emise NO_x v g/vozokilometr).

(ii) *rozptyl*: určení zvýšené koncentrace znečišťujících látek ve všech ovlivněných regionech (např. zvýšené koncentrace ozónu). V této fázi jsou využívány atmosférické disperzní a chemické modely¹².

¹⁰ Většina studií, které byly vypracovány před začátkem projektů ExternE, byla založena na přístupu top-down, např. [12], [13], [14] a [15].

¹¹ Model, který se používá v projektu ExternE, má mnoho společného s analýzou životního cyklu (*life cycle analysis, LCA*). Koncept palivového cyklu, kde jsou všechny složky daného systému analyzovány „od kolébky do hrobu“, se shoduje se konceptem LCA.

¹² Rozptyl emisí PM₁₀, NO_x a SO₂ je modelován v ExternE na regionální a lokální úrovni. Pro regionální úroveň je využíván Windrose Trajectory Model [20], na lokální úrovni, tj. do 50 km od zdroje

(iii) *dopad*: zjištění souvislosti mezi určitou koncentrací škodliviny (dávka) a dopadem na vybraný receptor (odpověď). Relevantní informace jsou získávány z toxikologických nebo epidemiologických studií. Tento typ primárních dat je použit k definování funkce dávka-odpověď.

(iv) *náklady*: vyjádření těchto dopadů v peněžních jednotkách. Ekonomické hodnocení, které je aplikováno v IPA vychází nejčastěji z přístupu založeného na zjišťování WTP nebo WTA. Tam, kde je to možné, jsou při peněžním ocenění dopadů využívány tržní ceny (zemědělská produkce, stavební materiály) nebo kvazi tržní ceny (veřejné výdaje na léčení). Celá řada oceňovaných statků a služeb však není obchodována na skutečných trzích (např. lidské zdraví, lesní a jiné ekologické ekosystémy). Pro jejich hodnocení je nutné využít alternativní techniky – netržní metody oceňování¹³.

Závěr

V tomto příspěvku byla popsána metodika ExternE, která je od začátku 90. let 20. století využívána pro hodnocení externích nákladů pocházejících zejména z energetiky a dopravy. ExternE vychází z analýzy fáze drah dopadů, která je založena na bottom-up přístupu. IPA sleduje cestu jednotlivých škodlivin od místa, kde jsou látky emitovány, až po dotčené receptory, jako je např. obyvatelstvo, zemědělská produkce, lesní ekosystémy, budovy. Dráhu dopadu lze popsat ve 4 krocích: vypouštění emisí, rozptyl škodlivých látek, dopad na receptory a monetární ohodnocení škod.

Monetární ohodnocení škod, které je v metodice ExternE využíváno, vychází z ekonomie blahobytu a je odvozeno z preferencí jednotlivců. Pro stanovení velikosti změny blahobytu se využívají ekonomické ukazatele jako je spotřebitelský přebytek, kompenzační a ekvivalentní variace. Tam, kde je to možné, se při peněžním hodnocení dopadů využívají tržní ceny (např. koroze materiálů, zašpinění fasád budov). Pro ohodnocení environmentálních statků, které nejsou obchodovány na reálných trzích (např. utrpení v důsledku nemoci, biodiverzita), jsou využity netržní metody oceňování, jako je např. metoda hedonické ceny nebo výběrový experiment. Další možností, která je často v metodice ExternE využívána, je metoda přenosu hodnot (*benefit transfer*).

Poděkování

Tento příspěvek byl vytvořen díky grantu Ministerstva dopravy České republiky VaV/1F44E/022/210 „Ekonomika zavádění alternativních paliv v dopravě a možnosti internalizace externích nákladů“. Za tuto podporu velice děkujeme.

Literatura

- [1] European Commission. External costs: Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport. European Commission, Directorate-General for Research. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities. 2003, ISBN 92-894-3353-1.

znečištění, model Industrial Source Complex [21] (bodový zdroj) a ROADPOL [22] (liniový zdroj). Ozón je modelován pomocí MSC-W modelu [23].

¹³ Jedná se např. o metodu hedonické ceny (*hedonic pricing method, HPM*), metodu cestovních nákladů (*travel cost method, TCM*), metodu podmíněného hodnocení (*contingent valuation method, CVM*) nebo metodu výběrového experimentu (*choice experiment, CE*).

- [2] European Commission. ExternE: Externalities of Energy, Methodological 2005 Update. European Commission, Directorate-General for Research. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities. 2005, ISBN 92-79-00423-9.
- [3] IVM. Economic evaluation of air quality targets for fine particles, SO₂, NO₂ and lead. Report to European Commission DG XI, Brussels, 1999.
- [4] AEA Technology. Economic valuation of air quality targets for CO and benzene. Report to European Commission DG XI, Brussels, 1999.
- [5] ENTEC. Economic evaluation of air quality limits for heavy metals. Report to European Commission DG XI: Brussels, 2000.
- [6] Holland, M.R., Forster, D., King, K. Cost-benefit analysis for the Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone in Europe. Publication n. 133. The Hague, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordering en Milieubeheer, 1999.
- [7] Kolstad, C.D. Environmental Economics. Oxford University Press. New York, 2000. ISBN 0-19-511954-1.
- [8] International Energy Agency. Global Warming Damage and the Benefits of Mitigation. Cheltenham: IEA Greenhouse gas R&D programme, 1995.
- [9] Coase, R.H. The Problem of Social Cost. Journal of Law and Economics, n. 3, 1-44, 1960.
- [10] Pigou, A.C. The Economics of Welfare. London: Macmillan, 1924.
- [11] Freeman, A.M.III. The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods. Resources for the Future. Washington, 1993. ISBN 1-89185-362-7.
- [12] Pearce, D., Bann, C., Georgiou, S. The Social Costs of Fuel Cycles. A report to the UK Department of Energy. The Centre for Economic and Social Research into the Global Environment, (CSERGE), University College London and University of East Anglia, 1992.
- [13] Hohmeyer, O. Social Costs of Energy Consumption. Springer Verlag. Berlin, 1988.
- [14] Ottinger, R.L., Wooley, D.R., Robinson, N.A., Hodas, D.R., Babb, S.E. Environmental Costs of Electricity, Oceana Publications. Inc., New York, 1990.
- [15] Bernow, S.S., Marron, D.B. Valuation of Environmental Externalities for Energy Planning and Operations. Tellur Institute. Boston, 1990.
- [16] European Commission. ExternE: Externalities of Energy: Vol.7: Methodology 1998 Update. European Commission, Directorate-General for Research. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, 1999. ISBN 92-828-7782-5.
- [17] European Commission. Externalities of Energy: Volume 1: Summary; Volume 2: Methodology; Volume 3: Coal and Lignite; Volume 4: Oil and Gas; Volume 5: Nuclear; Volume 6: Wind and Hydro Fuel Cycles, European Commission, Directorate-General XII, Science, Research and Development, Brussels, 1995.
- [18] European Commission. External, Costs of Energy Conversion - Improvement of the ExternE Methodology and Assessment of Energy-Related Transport Externalities, Final Report for Contract JOS3-CT97-0015, published as Environmental External Costs of Transport. R. Friedrich & P. Bickel, editors, Springer Verlag Heidelberg 2001.
- [19] Trukenmüller, A., Friedrich, R. Die Abbildung der großräumigen Verteilung, chemischen Umwandlung und Deposition von Luftschadstoffen mit dem Trajektorienmodell WTM, Jahresbericht ALS 1995, Stuttgart, 1995, 93 – 108.
- [20] Brode, R.W., Wang, J. User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC2) Dispersion Model. Vols.1-3, EPA 450/4-92-008a, EPA 450/4-92-008b, and EPA 450/4-92-008c. US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC 27711, 1992.

- [21] Vossiniotis, G., Arabatzis, G., Assimacopoulos, D. "Description of ROADPOL: A Gaussian Dispersion Model for Line Sources", program manual. National Technical University of Athens. Greece, 1996.
- [22] Simpson D. Long period modelling of photochemical oxidants in Europe. Calculations for July 1985, *Atmos. Environ.*, 26A, 1992, 1609-1634.

Ekonomická analýza dopadů zátěže dopravy na životního prostředí

Barbora Kaplanová, Stanislav Kutáček, Jana Vlčková, Viktor Šeďa

Centrum dopravního výzkumu

Líšeňská 33a, 636 00 Brno

e-mail: barbora.kaplanova@cdv.cz

Abstrakt

The following text presents the results of two projects, which were solved by Transport research center between the years 2001 and 2005. The first part of this paper is focused on the calculation of external costs of road and railway transport, it means the costs of accidents, noise, local emission pollution and global emission pollution. The second part describes a model calculating external costs of transport accidents, air pollution and noise. Changes in input data are reflected in resulting external costs. This allows testing impact of various measures aimed to internalize external costs. The last part presents a research focused on Value of Statistic Life.

1. Analýza ekonomických dopadů zátěže životního prostředí z dopravy

Stále zřetelněji se prosazuje názor, že cena, kterou platí lidská společnost za rozvoj dopravy ve formě úmrtí a utrpení¹⁴, snížení pohody života a snížení produktivity práce, je nepřijatelně vysoká a zejména, že dochází ke stálému zhoršování stavu. Zvláště v Evropě se formulují názory odborníků i veřejného mínění, že opatření k ozdravení dopravy musí nabýt na intenzitě.

Jednou z možností, jak snížit negativní vlivy dopravy a přivést tak dopravu do stavu její trvalé udržitelnosti, je vyčíslit její negativní vlivy a zahrnout je do nákladů těm, kdo tyto vlivy vyvolávají. Jinými slovy, je nutné zavést pravidlo „kdo škodí ať platí“. Tento proces je označován jako internalizace.

V rámci řešení byly odhadnuty hlavní externí náklady způsobované dopravou, tedy emise polutantů a skleníkových plynů, hluk a dopravní nehody. Cílem řešení bylo vyčíslení externích nákladů dopravy, které by mělo sloužit jako podklad pro zavádění tzv. internalizačních opatření podle zásady „znečišťovatel platí“. Výpočty navazují na aplikaci metodik využívaných v západní Evropě a podmínky ČR. Byly využity poznatky dalších studií realizovaných v podmínkách ČR a též mnohé zahraniční práce. Kvantifikace externích nákladů je klíčovou podmínkou jejich internalizace. Teprve poté mohou následovat podložené návrhy potřebných opatření. K tomu však budou zapotřebí další analýzy, zejména sociálního a politického charakteru.

Při výpočtech byly využity jako vstupy agregované statistické údaje. Výsledkem výpočtů jsou měrné externí náklady jednotlivých druhů dopravy. Výpočty vycházejí z metodik používaných v Evropské unii (EU). Metoda ExternE používaná v EU se vyznačuje Inter- (trans-) disciplinárním přístupem k problematice, zahrnuje analýzu dráhy dopadu (IPA) a posouzení životního cyklu (LCA), externality oceňuje

¹⁴ Na druhé straně dostupnost území zajištěná pozemními komunikacemi umožňuje snižovat úmrtnost a utrpení lidí (lékařská služba, hasiči, policie).

pomocí současných ekonomických metod, které vychází jak ze subjektivní teorie hodnoty, tak z tržní ceny (oceňování škod na budovách, úrodě, lesích), tak z metod ochoty platit (WTP - willingness to pay) respektive přijmout (WTA – willingness to accept). Hodnocené škody se sledují v rozlišení jak jednotlivých polutantů, tak kategorií dopadu (lidské zdraví – nemocnost, úmrtnost; budovy a materiály; úroda, klimatický systém). Nehodnotí dopady způsobené těžkými kovy, toxickými látkami, hluk, zápach a estetickou újmu a jejich vliv na ekosystémy, biodiverzitu a kulturní bohatství.

Tab. 1. Měrné externí náklady dopravy

	Osobní automobil	Autobus	Nákladní silniční
Nízký odhad	31,5	70,9	74,9
Střední odhad	34,8	80,96	83,9
Vysoký odhad	38,1	91,03	93,0

Zdroj: CDV [1]

Kromě výše uvedených výpočtů, které byly v průběhu řešení postupně zpřesňovány, byla v rámci řešení provedena i analýza nástrojů internalizace externích nákladů a rešerše domácích i zahraničních studií, s hlavním zaměřením na externalitu z hluku. Mimo jiné bylo zjištěno, že výsledky různých studií vyčíslejících externí náklady dopravy v ČR, se pravidelně ustalují okolo hodnoty 100 mld. Kč ročně, bez ohledu na rozdíly v použitých metodikách.

1.1. Případová studie – externí náklady přepravních procesů v Brně

Tato případová studie byla vypracována v roce 2003. Cílem bylo provést odhad externích nákladů na nižší, než národní úrovni. Analýza se zaměřila na čtyři hlavní skupiny externích nákladů – dopravní nehody, emise (jak lokální, tak skleníkových plynů), hluk z dopravy a kongesce. Pořadí, ve kterém jsou jednotlivé externí náklady uvedeny, odráží též míru přesnosti odhadů.

Data týkající se dopravních nehod jsou nejlépe dostupná a umožňují tak poměrně přesný odhad externích nákladů s dopravními nehodami spojených. Při odhadování jejich výše vyšli autoři z vlastního ohodnocení tzv. statistické ceny života (value of statistical life, VSL), která v podmínkách České republiky činí 20 milionů Kč. Pro odhad externích nákladů těžkých zranění byla použita hodnota 13 % VSL a pro lehká zranění hodnota 1 % VSL.

Pokud se týká objemu emisí z dopravy pro oblast Brna, bylo možné využít již existující, poměrně rozsáhlou databázi. Složitější bylo monetární ocenění jednotky daného polutantu. Pro tuto případovou studii zvolili autoři data z roku 2001. Nejvýznamnější z hlediska dopadu na lidské zdraví, životní prostředí a životnost materiálů jsou následující polutanty: oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO_x), nemetanové těkavé organické látky (NM VOC), oxid siřičitý (SO₂) a pevné částice (PM₁₀).

Ocenění těchto polutantů bylo provedeno na základě analýzy zahraničních studií, neboť domácí výzkum na potřebné úrovni nebyl v době vzniku studie proveden. Autoři vycházeli zejména z publikace Friedrich-Bickel [3].

Doprava je však zároveň zdrojem dalších polutantů, které nemají na lokální úrovni tak významný vliv, jako na globální. Jsou to plyny, které významnou měrou přispívají k prohlubování jevu zvaného skleníkový efekt, jindy označovaného též za globální změnu klimatu. V předkládané analýze jde o oxid uhličitý (CO₂), oxid dusný (N₂O) a metan (CH₄). Data týkající se objemu těchto polutantů z dopravy

v Brně jsou ze stejné báze, jako data lokálních emisí. To umožnilo provést u této oblasti externích nákladů predikci vývoje do roku 2010.

Odhad externích nákladů hluku byl proveden pouze zjednodušenou metodou jako procento z hrubého domácího produktu (HDP). K přesnějšímu odhadu chybí v případě Brna data v podobě hlukových map, ze kterých by bylo možné získat statistiku obyvatel zasažených různými úrovněmi hluku. Takové mapy lze očekávat v brzké době. V současnosti jsou k dispozici např. v Praze a v Jihlavě. Na základě několika evropských výzkumů se doporučuje používat střední hodnotu 0,3 % HDP. Stejným způsobem jsou odhadnuty externí náklady kongescí. Podle doporučení evropských výzkumů tvoří tyto náklady asi 1 % HDP. Následující tabulka shrnuje odhady výše jednotlivých externích nákladů pro město Brno.

Tab. 2. Externí náklady silniční dopravy v Brně (2001)

Emise znečišťujících látek do ovzduší	179,80
Emise skleníkových plynů	32,28
Hluk	222,25
Kongesce	740,84
Dopravní nehody	799,40
Celkem	1 974,57

Zdroj: CDV [1]

2. Vypracování počítačového modelu na ekonomické vyjádření účinků přepravních procesů

Pro konkrétní politiku v oblasti omezování dopadů dopravy na životní prostředí je zapotřebí přehledného způsobu určování externích nákladů. Přestože ani na evropské úrovni není zatím úplná shoda na metodice výpočtu externích nákladů dopravy, existuje shoda na tom, že používané metodiky jsou v rámci určitého rozpětí schopné spolehlivě určit výši externích nákladů. A co je důležitější, panuje shoda na tom, že tyto výsledky lze použít jako vodítko pro politická rozhodnutí.

Cílem tohoto řešení bylo vypracování flexibilního počítačového modelu v dialogovém režimu, umožňujícího rychlou aktualizaci vstupních dat a dopočítávání důsledku změn při odhadování externích nákladů dopravy. Model vychází z podkladů a metodik použitých při řešení dílčího úkolu Analýza ekonomických dopadů zátěže životního prostředí z dopravy.

Vytvořený model zahrnuje externí náklady dopravních nehod, emisí škodlivých látek do ovzduší, emisí skleníkových plynů a hluku. U těch externích nákladů, u kterých to kvalita vstupních dat umožňuje, je provedena analýza citlivosti. Model dále tam, kde to metodika umožňuje, predikuje vývoj externích nákladů.

Model pro výpočet externích nákladů pracuje se značným množstvím vstupních dat. Společná data pro všechny druhy externích nákladů jsou přepravní výkony jednotlivých druhů dopravy v ročních časových řadách, vývoj hrubého domácího produktu (HDP), kurs české koruny a eura. Specificky pro jednotlivé druhy externích nákladů to jsou:

- statistika dopravních nehod (úmrtí při dopravních nehodách, těžká zranění, lehká zranění);
- databáze objemů emisí z dopravy (včetně emisí skleníkových plynů);
- databáze počtu obyvatel zasažených dopravním hlukem v jednotlivých pásmech (zatím dostupná pouze za Prahu a Jihlavu);

- hodnota statistického života a odvozené hodnoty pro těžké zranění a lehké zranění;
- ocenění emisí polutantů;
- ocenění hlukové zátěže.

Model na základě zadaných vstupních dat poskytuje výpočty externích nákladů ve formě předdefinovaných tabulek. Součástí modelu jsou také grafy vykreslené ze vstupních dat a z výsledků modelových výpočtů, které zobrazují vývoj dané veličiny.

Tab. 3. Příklad jedné z výstupních tabulek vytvořeného modelu

(mld. Kč)									
	2001			2002			2003		
	nízký odhad	střední odhad	vysoký odhad	nízký odhad	střední odhad	vysoký odhad	nízký odhad	střední odhad	vysoký odhad
Dopravní nehody	334,16	446,42	1102,50	335,81	448,66	1107,45	336,05	448,99	1108,17
Lokální emise	8,961	10,239	11,517	8,157	9,380	10,603	8,05	9,08	10,11
Globální emise	8,892	8,952	9,055	8,990	9,054	9,162	9,91	9,99	10,11
Hluk*	6,946	6,946	6,946	7,244	7,244	7,244	7,59	7,59	7,59
Celkem	558,96	772,56	1130,02	660,20	774,34	1134,46	661,62	775,66	1135,99

Zdroj: CDV [1]

3. Použití metody ochoty platit pro vyčíslení ztrát na lidských životech způsobených silniční dopravou

Jedná se o jeden z prvních výzkumů, ve kterém byla v České republice použita metoda ochoty platit k ohodnocení ztrát na lidských životech při dopravních nehodách. Při návrhu modelu metody ochoty platit vycházeli autoři z Perssonova návrhu [4]. V Perssonově modelu je respondent dotazován na ochotu platit za tržní zboží – palivo. Jedná se o model navržený pro norské podmínky. Oproti Perssonovu doporučení se rozhodli autoři českého modelu formulovat ocenění jednotlivých netržních statků do samostatných otázek, tak aby mohl být každý statek ohodnocen zvlášť.

Tab. 4. Návrh modelu metody ochoty platit podle Perrsona

Označení	Možné dopravní systémy	
	Systém A	Systém B
Nehodová úmrtnost	300	200
Rychlostní limit (km/h) v extravilánu – přísně vyžadovaný	80	70
Cena paliva (NOK/l)	10	15
Předčasná úmrtí připisovaná znečištění ovzduší	200	150

Zdroj: Parsson [3]

Byl navržen jednoduchý algoritmus, který dává do souvislosti předpokládanou sumu peněz, zaplacenou zvýšením ceny paliva, se zachráněnými životy. Pokud tuto sumu vydělíme počtem ušetřených životů, získáme cenu, kterou jsou respondenti

ochotni „zaplatit“ za snížení rizika úmrtí při dopravní nehodě. Cena života (Z) se tedy vypočítá jako podíl sumy peněz, kterou jsou respondenti ochotni zaplatit za ušetřené životy a počtu ušetřených životů (U) .

$$Z = \frac{X * W * Y}{U} \quad (1)$$

kde

Z – cena statistického života,

X – relativní podíl respondentů ochotných zaplatit za ušetřené životy zvýšenou částkou za pohonné hmoty,

Y – počet litrů pohonných hmot spotřebovaných za rok,

W – rozdíl v cenách pohonných hmot jednotlivých alternativních systémů,

U – počet ušetřených životů.

Výzkum byl pojat jako reprezentativní šetření. Dotazování provedla firma Taylor Nelson Sofres Factum, s.r.o. během listopadu 2002. Vzorek respondentů byl vybrán kvótním výběrem. Proběhly postupně tři vlny samostatných dotazování na průměrném vzorku 997 respondentů. Pro ověření vypovídací schopnosti metody se autoři rozhodli provést tři různá, na sobě nezávislá, dotazování. Účelem bylo zjistit, jaký vliv má na výsledek hodnota proměnné W. Postupně byly použity rozdíly v cenách benzínu W=8 Kč, W=4 Kč a W=12 Kč. Otázka v první vlně šetření byla nastavena podle Perssonova doporučení (změna ceny benzínu o 1/3), další dvě šetření byla kontrolní. Cílem těchto kontrolních dotazování bylo testovat citlivost metody na hodnotu proměnné W.

Z výsledků první vlny dotazování dostáváme hodnotu statistického života 19,7 mil. Kč. Z výsledků druhé vlny dotazování pak 13,5 mil. Kč a z výsledků třetí vlny dotazování 32,2 mil. Kč. V souladu s původním Perssonovým návrhem, byl za platný výsledek uvažován výsledek první vlny dotazování. Otázky v první vlně dotazování byly navrženy v souladu s doporučeními používat třetinové rozdíly u rozhodujících hodnot počtu mrtvých (U) a ceny benzínu (W). Uvedené výsledky ukazují, že zvolená metoda je ve výpočtu statistické ceny velmi citlivá na hodnotu proměnné W.

Jistou kontrolu validity spočtené ceny statistického života může přinést srovnání s výpočty podle jiných metod. Zajímavé je v tomto směru srovnání s metodou uvedenou ve studii Evropské konference ministrů dopravy [5]. Ta na základě srovnání 14 západoevropských studií odhaduje externí náklady dopravních nehod ve výši 2,5% HDP (s rozptylem 1,5 - 3,5% HDP). Odhady jsou založené na kontingenčních metodách. Pokud provedeme odhad externích nákladů dopravních nehod v České republice za rok 2001 a využijeme k němu hodnotu statistického života získanou tímto výzkumem (20 mil. Kč), dojdeme k hodnotě 47,9 mld. Kč, což představuje 2,22% HDP. Na základě tohoto testu lze zjištěnou hodnotu statistického života považovat za validní.

Literatura

- [1] ADAMEC, V. et al. *Výzkum zátěže životního prostředí z dopravy*. (Závěrečná zpráva projektu VaV CE 801 210 109). Brno: CDV, 2006, 86 s.
- [2] ADAMEC, V. et al. *Stanovení postupu při realizaci závazků České republiky přijatých na mezinárodních konferencích v oblasti vlivu dopravy na stav životního prostředí* (Závěrečná zpráva projektu VaV CE 801 210 110). Brno: CDV, 2006, 50 s.
- [3] FRIEDRICH, R.; BICKEL, P. *Environmental external costs of transport*. Springer. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hong Kong, London, Milan, Paris, Singapore, Tokyo., 2001. ISBN 3-540-42223-4.
- [4] ELVIK, R. *Economic Evaluation of Road Traffic Safety Measures*. Coments to Invited Papers. Oslo, 2000, s. 7-10.
- [5] CEMT/ECMT. *Efficient Transport for Europe – Policies for Internalization of External Costs*. Paris, 1998.

Dopravní emise a jejich vliv na zdraví

Vladimír Bencko¹, Milan Tuček², Jitka Petanová³, Ladislav Novotný¹

¹ Ústav hygieny a epidemiologie, 1.LF UK + VFN, Praha
Studničkova 7, 128 00 Praha 2

² Klinika nemocí z povolání 1.LF UK + VFN, Praha

³ Ústav imunologie a mikrobiologie, 1. LF UK + VFN, Praha
e-mail: vladimir.bencko@lf1.cuni.cz

Abstrakt: Transport Emissions and their Health Impacts

The authors comment on the results of repeated observation of a total of 221 persons for the period of three years (179 men forming 84.4% and 42 women forming 15.6% of the group): 44 exposed persons were occupationally exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and 117 control individuals in three groups. The measurement of the content of PAH employing active personal dosimetry in the working air was performed by personal long-term sampling in 25 exposed persons. The sum of PAH in the working air reached, in individual sampling terms the values in the range of 0.11 to 8.96 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. The biological monitoring established the mean values of the content of 1-hydroxypyrene (1-OHP) in the urine of exposed persons to be $0.56 \pm 1.04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ creatinine (maximum 6.30 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ creatinine) and in the urine of control individuals $0.08 \pm 0.08 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ creatinine (maximum 0.30 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ creatinine). The suggested limit for 1-OHP in urine of 3.76 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ creatinine proved to be surpassed in individual exposed persons but never in the control individuals. Statistical analysis revealed that the effect of smoking habit was negligible. The observation of parameters of general health state included a guided interview with filling-out a questionnaire, hematological examination (14 items), biochemical examination of serum (12 items), examination of humoral and cellular immunity (23 items), examination of tumor markers in blood (CEA, NSE, TK, CA 19-9, CYFRA), cytogenetic analysis of peripheral lymphocytes (CALPL). Health complaints of the examined persons correspond to a normal distribution in a common population of the relevant age range. The high number of subjective complaints in the exposed persons appears to be due to the enforced pace of work and frequent conflict situations during the service. The examination of the selected tumor markers has not revealed any useful results from the standpoint of prediction of the consequences of occupational exposures to PAH. The signs of damage to the immune system against a common population have not been observed except a few exceptions, the increased level of α -1-antitrypsin occurring in individuals exposed to polluted atmosphere has been proved once in 18% of the examined subjects. A statistically significant relation of various hematological and biochemical indices to smoking, age, or index of body mass (BMI) was demonstrated. The examined cohort may be considered to be exposed to genotoxic factors of low or no significance. The all-life risk of carcinogenic effects for the exposed persons turned out to be in the range of 7.2×10^{-6} to 7.5×10^{-6} in relation to climatic conditions.

Key words: occupational exposure – exhaust gases – polycyclic aromatic hydrocarbons – health aspects

1. Úvod

Dopravní emise jsou v současné době pokládány za jeden z klíčových problémů životního prostředí. Po radikálním snížení emisí z uhelné energetiky kolem poloviny 90. let minulého století se dopravní emise díky explozivnímu růstu automobilové dopravy dostaly mezi prioritní problémy v oblasti životního prostředí ve vztahu ke zdraví zejména naší městské populace. Jedná se, jak je všeobecně známo, o komplexní problematiku, která kromě znečištění ovzduší emisemi spalovacích motorů, tedy výfukovými plyny, zahrnuje i problematiku emisí hluku z dopravy. Nezanedbatelnou oblastí přímo související se zdravím člověka jsou také dopravní úrazy a široká paleta problémů spojených s dlouhodobou profesionální i neprofesionální expozicí naší populace specifickým dopravním emisím se zvláštním zřetelem k perzistentním škodlivinám, které touto cestou mohou nepříznivě působit na zdraví člověka [1]. V současné době, kdy máme k dispozici výsledky experimentálních i epidemiologických studií v oblasti znečištění prostředí a zdraví, roste zájem o hledání korelace mezi hodnotami (přesněji koncentracemi) škodlivin přítomných v ovzduší a mírou z této situace plynoucího potenciálního rizika pro populaci. V uvedeném kontextu uvádíme část výsledků letos publikované studie [22], která byla příspěvkem k odhadu zdravotních rizik expozice výfukovým plynům v části týkající se zejména polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). Stručně zmíníme i problematiku polyhalogenovaných uhlovodíků: dioxinů (PCDD, dibenzofuranů (PCDF) a polychlorovaných difenylů (PCB) a konečně i tuhých aerosolů (PM).

2. Hlavní komponenty výfukových plynů

Výfukové plyny představují komplexní směs spalin benzínových nebo naftových spalovacích motorů, které obsahují širokou paletu cizorodých látek představujících různá rizika pro zdraví člověka [1-4, 22]. Významnou součástí této směsi spalin jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (dále PAU) jako organické sloučeniny složené ze tří nebo více aromatických jader obsahující jen uhlík a vodík s jádry spojenými párem atomů uhlíku. V pracovním a životním prostředí bylo identifikováno kolem 500 různých PAU s velmi různorodými toxikologickými vlastnostmi. Řada PAU má mutagenní a karcinogenní účinky, mnohé z nich mohou mít vlastnosti vývojových a reprodukčních toxikantů. Zdrojem PAU je pyrolýza nebo nedokonalé spalování látek organického původu jako koks, dehet či smola, asphalt a olej. Složení produktů pyrolýzy je závislé na palivu, teplotě a době setrvání ve vysoké teplotě. PAU jsou emitovány jako páry ze zóny hoření a kondenzují okamžitě na částicích sazí nebo tvoří samy velmi malé částice. Tyto procesy vedou ke vzniku směsi stovek PAU s dominantním obsahem sloučenin se 3 a 4 aromatickými jádry; karcinogenní jsou hlavně sloučeniny s 5 a 6 aromatickými jádry. Zdrojem expozic jsou koksovny, plynárny, hliníkárný, železárny, ocelárny, výroba asphaltových hmot a jejich aplikace, výfukové plyny. PAU obsahují uhelné saze (riziko v gumárnách a u kominíků), inkousty a barviva, živice užívané v silničním hospodářství, materiály s obsahem PAU jsou v obalech trub i v pojivu briket. PAU jsou absorbovány kůží, plícemi a gastrointestinálním traktem experimentálních zvířat, rychle metabolizovány a vylučovány stolicí. U lidí jsou pomalu absorbovány z částic jako nosičů, které pronikly respirační cestou, jsou aktivovány arylhydroxylázou na reaktivní produkty – epoxidy, které se mohou kovalentně vázat na DNA, a to pravděpodobně vysvětluje

karcinogenní aktivitu. Epoxidy jsou pak přeměněny na konjugáty před vyloučením do moče a žluče.

Při chronickém působení je řada těchto sloučenin karcinogenních. Percival Pott již v roce 1775 popsal nápadně vysoký výskyt rakoviny šourku u kominíků a dal jej do souvislosti s jejich dlouhodobou expozicí dehtu a sazím. Otevření západních hranic bývalého Československa po roce 1989 vedlo k obrovskému nárůstu počtu motorových vozidel, zejména zatěžujících městské a průmyslové aglomerace. Došlo také k enormnímu přečerpání kapacity hraničních přechodů a tím ke zvýšené expozici pracovníků celnic výfukovým plynům.

Cílem práce bylo hodnocení zdravotních aspektů expozice výfukovým plynům u exponovaných osob na hraničních přechodech v období konce 90.let minulého století na základě objektivního měření vybraných xenobiotik v ovzduší osobními odběry a biologického monitorování míry jejich expozice PAU stanovením 1-hydroxypyrenu v moči. Vedle anamnestického zhodnocení zdravotního stavu exponovaných osob komentuje příspěvek výsledky vyšetření imunologických, chromozomálních aberací lymfocytů periferní krve a vybraných nádorových markerů [19, 20].

2.1 Monitoring expozice

Ve studii bylo opakovaně sledováno celkem 221 osob v průběhu tří let (179 mužů – 84,4 %, 42 žen – 15,6 %) včetně 44 osob profesionálně exponovaných polycyklickým aromatickým uhlovodíkům (PAU) a 177 kontrolních osob. Měření obsahu 16 PAU aktivní osobní dozimetrií v pracovním ovzduší bylo provedeno osobními dlouhodobými odběry u 25 exponovaných osob. Suma PAU v pracovním ovzduší dosahovala v jednotlivých odběrových termínech u exponovaných osob hodnot v rozpětí 0,11 až 8,96 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Biologickým monitorováním byly zjištěny průměrné hodnoty obsahu 1-hydroxypyrenu (1-OHP, tab. 3) v moči exponovaných osob $0,56 \pm 1,04 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu (maximálně 6,30 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu) a v moči kontrol $0,08 \pm 0,08 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu (maximálně 0,30 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu, viz tab.1).

Tab. 1: 1-hydroxypyren (1-OHP) v moči [$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu]

1-OHP v moči	skupina	počet vyšetření	aritm. průměr	medián	minimum	maximum
[$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu]	Exponované osoby	74	0,56	0,10	0,00	6,30
	Kontrola A	40	0,08	0,10	0,00	0,30

Průměrné hodnoty 1-OHP v moči u exponovaných osob a u kontroly 1 se statisticky významně neodlišují. Navrhovaný limit pro 1-OHP v moči 3,76 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ kreatininu byl u exponovaných osob v jednotlivých případech překročen, nikoliv však u kontrolních osob. U profesionálně exponovaných osob byl vliv kuřáctví zanedbatelný.

2.2 Imunologie

Vyšetření humorální a buněčné imunity se týkalo 23 a u hematologických ukazatelů 14 položek, biochemické vyšetření séra zahrnovalo 12 analytů. Znamky výraznějšího poškození imunitního systému oproti běžné populaci až na výjimky nebyly zjištěny. Při hodnocení naměřených výsledků podle aktuálně *platných norem* byla naprostá většina nálezů od 0 do 4 odchyly referenčních mezí. Byla prokázána

závislost řady hematologických a biochemických ukazatelů na kuřáctví, věku, indexu tělesné hmotnosti (BMI). V regresní analýze kuřáctví snižuje hladinu IgG i IgA. Hladina albuminu se snižuje s kuřáctvím i věkem. Hladina transferinu se snižuje s věkem, hladina prealbuminu se zvyšuje s kuřáctvím (ale snižuje s věkem), hladina ceruloplasminu se zvyšuje s věkem, hladina haptoglobinu narůstá s kuřáctvím i věkem, hladina hemopexinu narůstá jen s věkem. Hladina α -1-antitrypsinu se zvyšuje s věkem i s kuřáctvím, zvýšené koncentrace α -1-antitrypsinu, vyskytující se při pobytu ve znečištěném ovzduší, byly zjištěny u 18% vyšetřených exponovaných osob. S věkem počet erytrocytů a lymfocytů klesá a počet segmentovaných neutrofilů roste. Počet leukocytů, lymfocytů i T-lymfocytů je u kuřáků vyšší. Exponované osoby udávaly častější nachlazení (24%), zřejmě v důsledku opakovaných přechodů z budov do venkovního prostředí.

Tab. 2: Zdravotní potíže vázané na práci u exponovaných osob - přehled v procentech.

Zdravotní potíže	% osob
Dráždění očí	4,8
Dráždivý kašel	12,9
Bolesti hlavy	14,5
Nausea	6,5
Únava a stres	11,3
Potíže ze zápachu	11,3
Potíže ze sálání	0,0
Dráždění krku	1,6
Bez potíží	53,2

Sledování zdravotního stavu zahrnovalo řízený pohovor. Vysoká četnost subjektivních obtíží byla patrně způsobena vynuceným tempem práce a častými konfliktními situacemi (tab. 2). Reference o *zdravotních potížích vyšetřovaných se neodchylovaly od očekávaného rozložení v běžné populaci příslušného věkového rozmezí.*

2.3. Nádorové markery a cytogenetika

Výsledky stanovení hladin jednotlivých vybraných *nádorových markerů* (CEA, NSE, TK, CA 19-9, CYFRA) jsou souhrnně uvedeny v tabulce 3. Regresní analýza zohledňující kuřáctví, věk a BMI prokázala v jedné časové periodě hraniční zvýšení počtu aberantních buněk v závislosti na tabakismu. Hladina CEA se zvyšovala s kuřáctvím a věkem, hladina NSE u kuřáků naopak klesala, hladina CYFRA stoupala s věkem.

Tab. 3: Hladiny vybraných nádorových markerů v krvi.

Marker	skupina	počet vyšetření	aritmetický průměr	95% interval spolehlivosti
CEA (karcinoembryonální antigen) [ng.ml ⁻¹]	Exponované osoby	44	1,42	0,99 - 1,85
	Kontrola A	66	2,18	1,79 - 2,58
	Kontrola B	71	1,73	1,13 - 2,33
NSE (neuronspecifická enoláza) [ng.ml ⁻¹]	Exponované osoby	44	8,09	6,86 - 9,33
	Kontrola A	-	-	-
	Kontrola B	71	6,92	6,50 - 7,34
CA 19-9 (Carbohydrate Antigen glykoproteinu)	Exponované osoby	44	11,46	10,01 - 12,91
	Kontrola A	66	16,36	12,11 - 20,61

mucinu) [IU.ml ⁻¹]	Kontrola B	5	13,14	3,55 - 22,73
TK (thymidinkináza) [U.l ⁻¹]	Exponované osoby	44	3,62	2,88 - 4,36
	Kontrola A	66	6,03	5,08 - 6,98
CYFRA 21-1 (cytokeratinový fragment 19) [ng.ml ⁻¹]	Kontrola B	71	4,83	4,24 - 5,43
	Exponované osoby	44	1,26	1,12 - 1,40
	Kontrola A	-	-	-
	Kontrola B	71	1,40	1,32 - 1,48

Výsledky *cytogenetické analýzy lymfocytů periferní krve* (CALPL) shrnuje tabulka 4. Zdravotní potíže vyšetřovaných osob odpovídají obvyklému rozložení v běžné populaci příslušného věkového rozmezí. Stanovení vybraných nádorových markerů nepřineslo žádné prakticky využitelné výsledky z hlediska predikce zdravotních důsledků profesionálních expozic PAU.

Tab. 4: Výsledky cytogenetické analýzy periferních lymfocytů.

Skupiny	Počet vyšetřených	Počet metafází	Průměr %AB.B+s _x	Z ₁	Z ₂	V ₁	V ₂	Z/B	G/B
EXPONOVANÉ OSOBY									
Rok 1	21	2100	1,42+1,32	30	1	2	0	0,016	0,019
Rok 2	20	1980	0,85+1,03	14	3	1	1	0,011	0,011
Rok 3	21	2100	0,62+0,74	9	2	0	3	0,008	0,009
Celkem	62	6180	0,96+1,03	53	6	3	4	0,012	0,013
KONTROLY									
Kontrola A	61	6080	0,83+0,97	37	11	0	5	0,009	0,007
Kontrola B	41	4400	0,98+0,27	23	10	1	6	0,012	0,006

Vysvětlivky: % AB.B. – procento aberantních buněk, Z₁ - chromatidové zlomy, Z₂- chromozómové zlomy, V₁- chromatidové výměny, V₂- chromozómové výměny, Z/B – počet zlomů na buňku, G/B – počet gapů na buňku

2.4. Odhad rizika karcinogenicity

Vyšetřený soubor bylo možné považovat za exponovaný hygienicky málo významnému až nevýznamnému vlivu genotoxických faktorů. Celoživotní riziko karcinogenních účinků vycházelo pro exponované osoby v rozmezí $7,2 \cdot 10^{-6}$ až $7,5 \cdot 10^{-5}$ v závislosti na klimatických podmínkách.

3. Diskuse

Národní ústav hygieny a bezpečnosti práce USA (NIOSH) deklaroval, že profesionální expozice produktům dehtu může vést k nárůstu rizika rakoviny plic a kůže u dělníků a stanovil a doporučil limit REL-TWA pro produkty dehtu $100 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ PAU v pracovním ovzduší (10-hodinový pracovní den a 40-hodinový pracovní týden). ACGIH doporučila limit $200 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ PAU v pracovním ovzduší (8-hodinový pracovní den a 40-hodinový pracovní týden). Ministerstvo práce USA (OSHA) stanovilo legislativně vymahatelný limit $200 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ PAU v pracovním ovzduší pro 8-hodinovou pracovní expozici. *Zjištěné koncentrace PAU v pracovním ovzduší tvořily u exponovaných osob nejvýše 9 % navrhovaných limitů.* Zajímavý je poměr koncentrací pyrenu a benzo(a)pyrenu v ovzduší, který je typický pro emise z dieselových motorů (pohybuje se mezi 50-100) [10]. Tento poměr byl u exponovaných osob 10 až 88 (u izolatérů 9,5 u asfaltérů 4,8 u obsluhy finišerů 10,7).

Tab. 5: Vybrané PAU, dle americké agentury US EPA "Priority Pollutant List".

Sloučenina	Zkratka	Počet kruhů	Mutagen	Karcinogen	Riziko karcinogenity
Benzo(a)antracen	BaA	4	+ / ++	+	$1,73 \cdot 10^{-4}$
Chrysen	CHR	4	++	+	$1,73 \cdot 10^{-6}$
Benzo(b)fluoranten	BbF	5	++	+++ / ++++	$1,73 \cdot 10^{-4}$
Benzo(k)fluoranten	BkF	5	++	+	$1,73 \cdot 10^{-5}$
Benzo(a)pyren	BaP	5	++++	++++	$1,73 \cdot 10^{-3}$
Dibenz(ah)antracen	DahA	5	++ / +++	+++ / ++++	$1,73 \cdot 10^{-3}$
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ID	6	++	+++	$1,73 \cdot 10^{-4}$
Benzo(g,h,i)perylen	BghiP	6	++	+ / ++	$1,73 \cdot 10^{-5}$

Pro dopravu je typický poměr koncentrace benzo(a)pyrenu a benzo(ghi)perylenu, který je u exponovaných osob 0,7 až 2,0 (u izolatérů 1,0 u asfaltérů pouze 0,09 u obsluhy finišerů jen 0,06) [18, 19, 22].

Navrhovaný limit pro *1-hydroxypyren v moči* je $1,95 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ kreatininu, tj. $3,76 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ kreatininu. Při koncentraci $4,0 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ kreatininu, tj. $7,7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ kreatininu je odhadováno zvýšené riziko karcinomu plic na základě provedených regresí mezi vznikem onemocnění a obsahem 1-OHP v moči [7, 13]. Koncentrace 1-OHP v moči, která korespondovala s koncentrací $200 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ PAU (benzene soluble matter BSM) byla odhadnuta na $1,79 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ kreatininu, tj. $3,45 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ kreatininu [13]. Za horní limit 1-OHP pro průmyslovou populaci profesionálně neexponovanou PAU je považován $0,51 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ kreatininu, tj. $0,99 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ kreatininu [6]. Navrhovaný limit pro *1-hydroxypyren v moči* $3,76 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ kreatininu byl u exponovaných osob v jednotlivých případech překročen, nikoliv však u kontrolních osob. Pokud přijmeme hodnotu 1-OHP v moči $7,7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ kreatininu za hodnotu signalizující zvýšené riziko karcinomu plic, pak zvýšené riziko pro exponovaný soubor neexistovalo [22].

Nádorové markery jsou středem pozornosti především při diagnostice, léčbě a dlouhodobém sledování nemocných s maligním onemocněním jako látky produkované maligními buňkami či organizmem jako odpověď na nádorové bujení. Může se jednat o antigeny lokalizované na povrchu membrán, enzymy metabolických drah, či fragmenty cytoplasmatických struktur uvolňované do okolí při zániku buněk. Lze je prokázat jednak histochemicky přímo v nádorové tkáni (buněčné nádorové markery) a jednak v tělních tekutinách (humorální nádorové markery). Od látek produkovaných normálními buňkami se liší buď kvalitativně (nádorově specifické, normální buňky je neprodukuje) či kvantitativně (s nádory asociované, přítomné i u normálních buněk). Intenzivní studium je věnováno problematice rozlišení mezi benigním a maligním nádorem a především využití nádorových markerů pro včasnou diagnostiku. Vyšetření nádorových markerů v krvi bylo výzkumně zkoušeno pro účely časného zachytu v populačních skupinách obyvatel ohrožených zvýšeným rizikem nádorového onemocnění. Škodliviny zevního prostředí narušují buněčný metabolismus a vedou ke vzniku buněčných mutací, což se může projevit mnohdy i několik let před klinickou manifestací nádoru v hladinách především CEA, enzymatických a cytokeratinových nádorových markerů (tyto markery byly zvoleny ke studiu). Pro odhalení i sebemenších změn nádorových markerů byly proto jako referenční hladina zvoleny hodnoty ze souboru dárců krve (benigní příčiny, které mohou ovlivnit nádorové markery, byly vyloučeny).

Výsledky *cytogenetické analýzy lymfocytů* periferní krve prokázaly hraniční rozdíly ($p = 0,05$) mezi exponovanými a kontrolami v pouze jedné časové periodě tříletého sledování a byly v očekávaných mezích pro populaci neexponovanou

genotoxickým látkám. *Soubor exponovaných osob tak bylo možné považovat za exponovaný hygienicky málo významnému až nevýznamnému vlivu genotoxických faktorů.*

Hlavní funkcí *imunitního systému* je zajištění homeostázy organismu. Imunitní systém reaguje vždy komplexně, protože jeho podstatou je síť sestávající z rozpoznávací a efektorové složky řízená složitým systémem zpětných vazeb. Většina faktorů zevního prostředí má supresivní vliv na celkový imunitní potenciál. Celková odezva imunitního systému na xenobiotika má zpočátku charakter imunostimulace, která se projevuje zvýšenou aktivitou některých ukazatelů. Při protražovaném a intenzivním působení noxy nebo při přetížení kombinovanou zátěží kvalitativně odlišnými podněty může dojít až k vyčerpání imunitního systému projevujícím se poklesem jeho efektorových funkcí [14, 16]. Klinicky manifestní poruchy (snížení protiinfekční imunity, rozvoj autoimunitního onemocnění, různé typy projevů hypersenzitivity) vznikají až po prolomení rezistence organismu, která je individuálně odlišná a záleží nejen na kapacitě imunitního systému, ale i na hormonálních a nervových regulačních vlivech a na celém komplexu psychosociálních faktorů. Nevýhodou při analýze získaných dat o imunitě je paradoxně právě vysoká citlivost a kreativita imunitního systému, který v daném okamžiku může extrémní zátěž jakékoliv kvality kompenzovat stimulací či supresí aktivity určité svojí složky. Excesivní hodnoty v daném okamžiku pak nemusí znamenat patologii, ale naopak dobře fungující schopnost udržet homeostázu. V literatuře uváděné údaje [16] zmiňují u kuřáků zvýšení procentuálního zastoupení lymfocytárních subpopulací celkových T lymfocytů CD3+ a pomocných T lymfocytů CD4+, dále snížení počtu NK buněk (natural killer – přirozený zabíječ) v porovnání se skupinou zdravých nekuřáků. Poměr CD4+/CD8+ negativně koreloval také s věkem sledovaných kuřáků. Koncentrace imunoglobulinů IgG, IgA a IgM byly u všech námi sledovaných osob v normě, u několika kuřáků byla zjištěna zvýšená koncentrace IgE nad 100 IU/ml. Tyto výsledky také odpovídají literárním údajům ve zvýšení počtu CD3+ a CD4+ T lymfocytů. *Zjištěné statisticky významné rozdíly v různých imunologických ukazatelích při srovnání jednotlivých skupin nelze tedy z uvedených důvodů spolehlivě interpretovat. Vzhledem k výsledkům regresní analýzy, která prokázala závislost řady imunologických ukazatelů na kuřáctví, věku, event. BMI (zavádějící faktory), je obtížné spolehlivě hodnotit významnost těchto nálezů ve vztahu k expozici dopravním emisím.*

Při *odhadu rizika karcinogenity* lze vycházet ze známých údajů, že hlavním cílovým orgánem při inhalační expozici PAU jsou plíce; kromě karcinomu plic je ovšem nutné počítat u expozice PAU s riziky karcinomu kůže a močového měchýře [5]. Riziko karcinogenních účinků R pro určitou látku (bezrozměrné číslo vyjadřující pravděpodobnost vzniku určitého typu rakoviny u jednotlivce; též individuální celoživotní riziko rakoviny ILCR nebo celoživotní vzestup pravděpodobnosti počtu nádorových onemocnění nad všeobecný průměr v populaci pro jednotlivce CVRK) lze vyjádřit jako součin celoživotní průměrné denní koncentrace a jednotky karcinogenního rizika (Unit Cancer Risk, UCR). Inhalační jednotka karcinogenního rizika byla pro organické látky rozpustné v benzenu nebo extrahovatelné organické látky stanovena $6,2 \cdot 10^{-4} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$ a charakterizuje pravděpodobnost vzniku rakoviny plic při kontinuální celoživotní expozici $1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ organických látek rozpustných v benzenu (BSO) extrahovaných z partikulární fáze emisí z koksoven. Inhalační jednotka karcinogenního rizika (doporučená WHO 1997) pro benzo(a)pyren $8,92 \cdot 10^{-2} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$ vychází z předpokladu, že koksárenské emise obsahují cca 0,71% benzo(a)pyrenu. Pro směs PAU by tak vycházelo profesionální

karcinogenní riziko (rakovina plic) u exponovaných osob v řádu 10^{-4} . Tento odhad lze zpřesnit prostřednictvím UCR stanovených pro 8 PAU (viz tab. 5). Takto zpřesněné celoživotní riziko karcinogenních účinků vycházelo pro exponovaný soubor v rozmezí $7,2 \cdot 10^{-6}$ až $7,5 \cdot 10^{-5}$ v závislosti na klimatických podmínkách [22].

Tuhá fáze emisí (PM). Tuhé aerosoly představují významnou položku dopravních emisí, protože PM působí jako nosiče toxických látek (jmenovitě PAU, PCB, PCDD/F toxických kovů) umožňující jejich penetraci dýchacími cestami a jejich retenci v plicích s následnou absorpcí do vnitřního prostředí organismu. Současný roční imisní limit pro PM_{10} $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ je s výjimkou extrémně zatížených lokalit udržitelný. Poněkud hůře je na těchto místech udržitelný denní imisní limit $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Přípravovaný limit pro $PM_{2.5}$ v duchu směrnice EU (Directive of the European Parliament and Council on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe) z hlediska monitoringu (nezbytné technické vybavení) i budoucí dodržování legislativou přijatých hodnot bude náročnou záležitostí, zejména ve výše uvedených, dosud i v dohledné době dopravními emisemi zatížených lokalitách. A kam povede další vývoj v oblasti PM? Je to oblast problémů nano částic [8], které díky specifickým vlastnostem, jmenovitě schopnosti procházet biologickými membránami bez přispění fagocytózy či pinocytózy do buňky. Tato problematika by přirozeně zasluhovala samostatný referát a příslušnou pozornost ze strany výzkumných pracovišť.

4. Závěr

Problematicke studia zdravotních aspektů dopravních emisí byla v posledních desetiletích věnována rozsáhlá výzkumná aktivita. Experimentálně byla prokázána karcinogenita emisí dieselových motorů a imunotoxicita emisí dvoudobých motorů [např. 17]. Dlužno podotknout, že míra expozice pokusných zvířat u kterých byly prokázány tyto změny byla bez výjimky nejméně o jeden a více řádů vyšší než ta, které je vystaven člověk v podmínkách profesionální expozice i expozice v životním prostředí. Obtížnost epidemiologického důkazu spočívá také v komplexnosti expozice člověka škodlivinám z prostředí, potravního koše a zlovyků (z nichž nejvýznamnějším zavádějícím faktorem je kouření) i "koníčků" všeho druhu, jmenovitě prchavým organickým látkám (VOC). Obecnou problematikou škodlivých faktorů pak dokreslují potíže s dopravním hlukem, které jsou charakteru psychosomatického v důsledku chronického stresu, jehož doprava přirozeně není jediným zdrojem.

Východiskem ze spletné situace je pak monitoring vybraných indikátorů znečištění prostředí na místech kriticky zatížených dopravou. Z hlediska míry potenciálního rizika poškození zdraví pak monitorování genotoxicity a dioxinové aktivity xenobiotik přítomných v ovzduší s tím, že poměr některých látek (např. z PAU koronen a benzo (g,h,i) perylen) může napovědět, jaký asi podíl v analyzovaném vzorku může pocházet z dopravy či spíše z jiných zdrojů. Podobně na zvýšenou expozici dopravními emisím může upozornit např. relativně vysoký podíl TEQ 2,3,7,8-TCDD na celkovém TEQ PCDD nalezených v tuku mateřského mléka [4].

Současný matematicko-statistický aparát používaný pro výpočet odhadu rizika (US- EPA nebo NIOSH) pokud se jedná o karcinogenní účinky je založen na prokázané nebo předpokládané genotoxicitě příslušných xenobiotik a není tedy použitelný pro epigeneticky působící karcinogeny [9], co je předmětem současné diskuze v kontextu odhadu míry rizika expozice těmto látkám.

Validní epidemiologické studie by se měl opírat o analýzu genetického polymorfizmu, který významně zasahuje do metabolismu xenobiotik a detailní

vyšetření komplexně chápaného zdravotního stavu [15] s dostatečným počtem vyšetřovaných osob (ve studiích případů a kontrol) a v optimálním případě (kohortová studie) jejich dlouhodobým sledováním.

Nicméně, výsledky, kterými v současné době disponujeme jak na základě experimentálních tak epidemiologických studií, jsou dostatečným argumentem pro racionální kroky v ochraně zdraví lidí. Současné praktické kroky by směřovat od vývoje ekonomických motorů příznivých z hlediska emisí k organizačním a legislativním opatřením, včetně podpory veřejné dopravy.

Poděkování

Práce vznikla za finanční podpory grantů IGA MZ ČR č. 3524-3 a 7553-3 a grantu GA MD ČR č. 1F54H/098/520.

Literatura

- [1] Adamec, V., Bencko, V., Dufek, J., Jedlička, J.: Persistent organic pollutants in transport emissions and health. The Czech Republic experience. *Epidemiology* 16, 2005, s.146.
- [2] Bencko, V., Tuček, M., Volný, J.: Health Aspects of Human Exposure to Exhaust Gases, Vol.V, XIV. Asian Conference on Occupational Health, Beijing, China, 1994, s. 423.
- [3] Bencko, V., Šuta, M., Tuček, M., Volný, J.: Health Aspects of Human Exposure to Oxidants and Exhaust Pipe Gases, In: *Indoor Air 1996*, Nagoya, Japan, 1996, s. 1137-1142.
- [4] Bencko, V., Černá, M., Jech, L., Šmíd, J.: Exposure of breast-fed children in the Czech republic to PCDDs, PCDFs, and dioxin-like PCBs, *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 18, 2004, s. 83-90.
- [5] Bofetta, P., Jourenkova, N., Gustavsson, P.: Cancer Risk from Occupational and Environmental Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Cancer Causes Control (England)* 8, 1997, s. 444-472.
- [6] Boogard, P.J., van Sittert, N.J.: Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in petrochemical industries by measurement of urinary 1-hydroxypyrene. *Occup. Environ. Med.* 51, 1994, s. 250-258.
- [7] Buchet, J.P., Gennart, J.P., Mercado Calderon, F., Delavignette, J.P., Cupers, L., Lauwerys, R.: Evaluation of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in a coke production and a graphite electrode manufacturing plant: Assessment of urinary excretion of 1-hydroxypyrene as a biological indicator of exposure. *Brit. J. Ind. Med.* 49, 1992, s. 761-768.
- [8] Donaldson, K., Stone, V., Tran, C.L., Kreyling, W., Borm, P.J.A.: Nanotoxicology. *Occup. Environ. Med.* 61, 2004, s. 727-728.
- [9] Feinberg, A.P.: Cancer epigenetics takes centre stage. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 2001, s. 392-394.
- [10] Holoubek, I.: Osud PAU v prostředí. Polycyklické aromatické uhlovodíky, sborník ze semináře Aktuální ekologické otázky, BIJO, 1995, s. 23.
- [11] Jongeneelen, F.J., Anzion, R.B.M. and Henderson, P.T.: Determination of hydroxylated metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbons in urine. *J.Chromatogr.*, 413, 1987, s. 227-232.
- [12] Jongeneelen, F.J., van Leeuwen, F.E., Oosterink, S., Anzion, R.B.M., van der Loop, F., Bos, R.P., van Veen, H.G.: Ambient and Biological Monitoring of Cookeoven Workers : Determinants of the Internal Dose of Polycyclic aromatic Hydrocarbons. *Brit. J. Ind. Med.* 47, 1990, s. 454-461.

- [13] Jongeneelen, F.J.: Biological Exposure Limit for Occupational Exposure to Coal Tar Pitch Volatiles at Cookeovens, *Int. Arch. Occup. Environ. Health* , 63, 1993, s. 511-516.
- [14] King, J.C.: Specific nutrient requirements: Trace elements. In: Gershwin, German, Keen (eds.): *Nutrition and immunology: Principles and practice*. Humana Press, Totowa, 2000, s. 65-74.
- [15] Novotný, L. Bencko, V.: Příčinnost v epidemiologii a komplexní architektura zdraví a nemoci. *Prakt. Léč.* 83, 2003, s. 321-329.
- [16] Petanová, J., Fučíková, T., Bencko, V., Šterzl, I.: Immune functions of heavy smokers in vitro. In: Heinrich, U. (ed.): *Effects of Air Contaminants on the Respiratory Tract – Interpretations from Molecules to Meta Analysis*. Fraunhofer IRB Verlag, 2004, s.301-306.
- [17] Reichrtová, E., Bencko, V.: Immune response to exhaust gases derived from two cycle combustion engine following experimental exposure. *Centr. eur. J. publ. Hlth.* 4, 1996, s. 7-10.
- [18] Singh, R., Tuček, M., Maxa, K., Tenglerová, J and Weyand, E.H.: A rapid and simple method for the analysis of 1-hydroxypyrene glucuronide: a potential biomarker for polycyclic aromatic hydrocarbon exposure. *Carcinogenesis* 16, 1995, s.2909-2915 .
- [19] Tenglerová, J., Tuček, M., Maxa, K., Seberová, E., Topolčan, O. , Krýsl S., Mohyluk, I., Švandová, E., Roth, Z. : Zhodnocení karcinogenního rizika při profesionální expozici polycyklickým aromatickým uhlovodíkům (PAU). Závěrečná zpráva o řešení grantového projektu IGA MZ ČR 3524 – 3 : Doba řešení 1996 – 1998.
- [20] Tuček, M., Krýsl, S., Maxa, K., Tenglerová, J.: Carcinogenic risk assessment in occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Book of Abstracts. The Fifth International Symposium on Biological Monitoring in Occupational and Environmental Health, Banff , Canada, 2001*, s.17.
- [21] Tuček, M., Pelclová, D., Cikrt, M.: *Pracovní lékařství pro praxi . Příručka s doporučenými standardy*. Praha: Grada Publishing, 2005, 344 s.
- [22] Tuček, M., Bencko, V., Volný, J., Petanová, J.: Příspěvek k odhadu zdravotních rizik expozice výfukovým plynům u exponovaných osob na hraničních přechodech. *České pracovní lékařství* 2006, č.2, s.72-79.
- [23] Wu, J.T., Nakamura, R.: *Human Circulating Tumor Markers, Current Concepts and Clinical Applications*, American Society of Clinical Pathologists, Chicago, 1997.

Vliv znečištěného ovzduší na zdravotní stav populace

Radim J. Šrám

Ústav experimentální medicíny AV ČR a Zdravotní ústav Středočeského kraje
Vídeňská 1083, 142 20 Praha 4
e-mail: sram@biomed.cas.cz

Abstrakt

Studies on groups environmentally exposed to carcinogenic PAHs implied the relationship between air pollution and DNA-PAH adducts as well as chromosomal aberrations by FISH in exposed subjects, which may be further modified by metabolic and DNA repair genes polymorphisms. All our results indicate that carcinogenic PAHs represent a very significant group of air pollutants, an important source of genotoxic activities of organic mixtures associated with urban air particles. They symbolize the new risk for human population, not recognized, yet.

1. Vliv znečištěného ovzduší na genetický materiál

V roce 2000 byl zahájen Program ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ A ZDRAVÍ, úkol Ministerstva životního prostředí ČR (MŽP ČR) VaV/340/2/00 „Vliv komplexních směsí látek ve znečištěném ovzduší na zdravotní stav rizikových populačních skupin“, který studoval vliv znečištěného ovzduší na populaci v Praze a Teplicích.

V rámci projektu „Monitorování ovzduší“ byly v lokalitách Praha-Smíchov, Praha-Libuš a Teplice provozovány měřicí stanice AIM ČHMÚ schopné kontinuálně sledovat koncentrace SO_2 , NO_x , NO , NO_2 , CO , O_3 , prachových částic PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$ (částic menších než 10 a 2.5 μm) v ovzduší a meteorologické údaje. Celoročně zde byly prováděny 24h odběry vzorků ovzduší zařízením VAPS a jejich následná analýza (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, polycyklické aromatické uhlovodíky - PAU). Výsledky za období leden 2001 až prosinec 2004 naznačují, že mezi stanicemi AIM Praha-Smíchov a Praha-Libuš nejsou významné rozdíly v koncentracích $\text{PM}_{2.5}$ a karcinogenních PAU (k-PAU). Porovnáme-li průměrné měsíční koncentrace k-PAU nejsou významné rozdíly ani mezi stanicemi v Praze a Teplicích. Koncentrace NO_x a CO jsou celoročně nejvyšší v lokalitě monitorovací stanice Praha-Smíchov. Získané výsledky do r. 2005 naznačují, že znečištění ovzduší v Praze je významnější než v průmyslovými emisemi zatížené oblasti Teplic a představuje tak významný problém, který může v příštím období výrazně ovlivňovat zdravotní stav obyvatel Prahy. Dlouhodobé sledování všech indikátorů znečištění ovzduší umožní charakterizovat vývoj v jednotlivých oblastech i podíl dopravy na zjišťované zátěži..

Projekt „Expozice modelové populace“ studoval mj. vliv expozice k-PAU z ovzduší na biomarkery účinku – mikroskopicky pozorovatelné změny ve struktuře lidských lymfocytů – tzv. chromozómové aberace. K tomu byla použita jak konvenční metoda, určující tzv. nestabilní chromozómové aberace, především zlomy chromozómů, tak metoda fluorescence in situ hybridizace (FISH), kdy byly sledovány tzv. stabilní aberace. Zvýšení podílu buněk s chromozómovými aberacemi určeného konvenční metodou indikuje expozici karcinogenním látkám. Zvýšení počtu stabilních aberací detekovaných metodou FISH souvisí s řadou nitrobuňečných dějů, podílejících se na přeměně normální buňky v buňku nádorovou. Zvýšení počtu aberací tedy ukazuje ve sledovaných skupinách na zvýšené riziko vzniku zhoubných

nádorových onemocnění. Modelovou exponovanou skupinu tvořili městští strážníci, pracující ve středu Prahy během směny více než 8h ve venkovním prostředí, kontrolní skupina byla sestavena z dobrovolníků stejného věku a pohlaví, kteří tráví více než 90% času ve vnitřním prostředí. Při analýze v únoru 2001 byla modelová exponovaná skupina exponována v průměru 12.0 ng/m^3 karcinogenních PAU proti 6.2 ng/m^3 u kontrol (hodnoty získané osobními monitory). U exponované skupiny bylo prokázáno významné zvýšené poškození genetického materiálu, tzv. DNA aduktů (přímá vazba karcinogenních látek na DNA), jejichž hladina byla vyšší u kuřáků než nekuřáků. Při použití klasické cytogenetické analýzy nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi exponovanou a kontrolní skupinou (2.28 % AB.B. vs. 1.94 % AB.B.), ale zjištěná úroveň chromozómových aberací je u všech zúčastněných osob cca 2x vyšší než je normální úroveň chromozómových aberací u dospělé populace v České republice zjišťovaná v období 1994-2001 (1.04 % aberantních nebo-li poškozených buněk). Při použití metody FISH bylo u exponované skupiny strážníků pozorováno významné zvýšení všech hodnocených charakteristik. Na základě zjištěných výsledků se lze domnívat, že jedinci pracující podstatnou část své pracovní doby ve venkovním prostředí ve středu Prahy jsou zvýšenou měrou exponováni karcinogenním látkám.

V rámci projektu „Znečištění ovzduší a ochrana zdraví“ (VaV/740/5/03) byla v období 2003-2005 studována opakovaně expozice modelové pražské populace (městských strážníků) k-PAU, která je závislá na sezónních vlivech se zvýšenou expozicí v průběhu zimních měsíců.

2. Interpretace výsledků

Pražské ovzduší, podobně jako severočeské, zejména v zimních měsících významně poškozuje genetický materiál exponovaných pracovníků.

Expozice k-PAU je nutno považovat za zvýšené genotoxické riziko, jak bylo prokázáno zvýšenou úrovní DNA aduktů, chromozómových aberací konvenční cytogenetickou metodou, metodou FISH a oxidací proteinů. Novým poznatkem jsou výsledky o změně schopnosti reparovat (opravovat) poškození DNA. To znamená sníženou schopnost opravovat změny vyvolané karcinogeny a tím i zvýšené riziko vzniku nádorového bujení v příštích desetiletích. Získaný výsledek informuje o poškození genetického materiálu desetiletí před tím, než jsou pozorovány první klinické změny. Jsou indikátorem změn, které mohou při dlouhodobém působení nepříznivě ovlivnit zdravotní stav populace.

Při srovnání údajů koncentrací modelového karcinogenu benzo[a]pyrenu v Praze vs. Londýnu a New Yorku, jsou hodnoty v Praze vyšší 4krát. Získávané výsledky jsou unikátní také z mezinárodního hlediska – prokázaly vliv k-PAU na vývoj těhotenství a dětí, jejich zvýšenou nemocnost v dospělosti i kvalitu spermií.

Výsledky výzkumu iniciované MŽP ČR naznačují, že k-PAU představují pravděpodobně biologicky nejvýznamnější skupinu, zodpovědnou za škodlivé účinky frakce PM_{2.5} (respirabilní prachové částice) a představují závažné zdravotní riziko pro populaci. Tento poznatek byl zjištěn v modelových pokusech na buněčných liniích in vitro, ale i na zvýšeném počtu DNA aduktů v placentách žen z exponované oblasti. Později bylo prokázáno, že expozice k-PAU během těhotenství snižují porodní váhu novorozenců a zvyšují výskyt nitroděložní růstové retardace.

Pro hodnocení zdravotních rizik je opakovaně prokazována nutnost monitorování k-PAU a využití těchto poznatků pro hodnocení rizika jak pro těhotné ženy a děti, tak i jedince pracující v prostředí se zvýšenou expozicí (jako např. městští strážníci v Praze).

Kvantifikace zdravotních rizik z dopravních imisí v některých městech Jihomoravského kraje

Bohumil Pokorný

Zdravotní ústav se sídlem v Brně

Gorkého 6, 602 00 Brno

e-mail: bohumil.pokorny@zubrno.cz

Abstrakt

It is possible to assess health risks from ambient air pollutants according to standard procedures which could be defined for chronic and/or acute risks for organs/systems actuators as a Hazard Quotient (HQ) or Hazard Index (HI) values. In the case of exposition suspect or carcinogenic substances/pollutants Individual Lifetimes Cancer Risks (ILCR) are calculated. For evaluation of Health Risk due to exposition of standard air pollutants as a PM or NO₂, we usually use proceedings for assess of health risk based on epidemiological studies and statements for Relative Risk (RR) or Odds Ratio (OR) parameters for appropriates diagnosis.

In this presentation a Health Risk calculation is introduced for the chronic risk assessment for toxicologically important elements As, Cd, Pb, Ni as a part of PM₁₀ fraction of ambient dust and its probability as a carcinogenic exposition and their risks of lifetime exposure for inhabitants in several towns and villages of South Moravia region. As an additional part of this presentation a calculation of prevalence p_i for emission exposition of PM₁₀ and NO₂ according to the K. Aunan procedure is introduced.

1. Imisní zátěž Jihomoravského kraje

Pro nejvýznamnější imisní škodliviny jsou v naší legislativě stanoveny krátkodobé i dlouhodobé limity jimiž lze popisovat závažnost jejich rizika pro danou oblast ve vztahu k jejich imisní koncentraci.

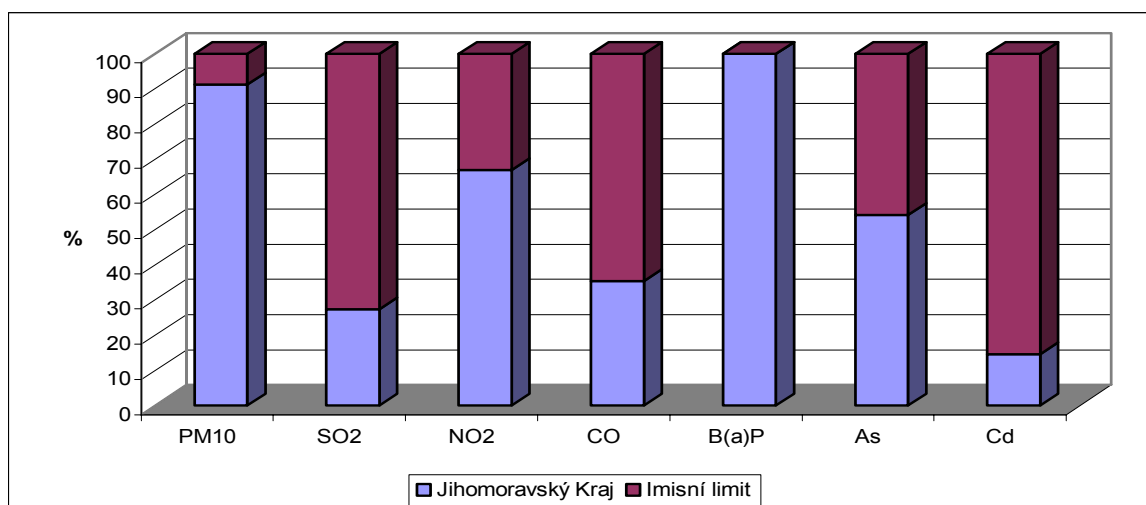
Pro názornější přehled o tom, jak si již nyní Jihomoravský kraj stojí vůči imisním limitům platným v ČR, je uveden obrázek 1. V něm je 100 procenty vyjádřena hodnota platného imisního limitu a dolní modrá část sloupce znázorňuje *nejvyšší modelem vypočtenou hodnotu* zjištěnou v Jihomoravském kraji.

Z obrázku je zřejmé, že největší problém kraje tkví ve dvou imisních škodlivinách. Za nejzávažnější je v současnosti považován poléťavý prach, doposud identifikován převážně jako frakce prašného aerosolu PM₁₀. Dlouhodobé relativně vysoké imisní koncentrace poléťavého prachu jsou pro dnešní stav celých oblastí Jihomoravského kraje skutečností a na několika místech kraje je dosahováno 90% i vyššího naplnění legislativního limitu pro tuto škodlivinu.

V kraji významné jsou také vysoké koncentrace polyaromatických uhlovodíků, jmenovitě jejich karcinogenního zástupce benzo-a-pyrenu (BaP), pro něhož je platný legislativní imisní limit dosažen i překročen v okolí nejvytíženějších liniových zdrojů a dále v některých částech aglomerace Brna a v jeho blízkém okolí.

Ze spektra standardně monitorovaných imisních škodlivin a jejich relativního zastoupení v kraji podle jednotlivých producentů, můžeme definovat jejich význam pro zdravotní rizika.

Obr. 1. Naplnění platných imisních limitů v Jihomoravském kraji



Zdroj: ČHMÚ

Z tab.1. je zřejmé, že v městech Jihomoravského kraje je možno jako významné charakterizovat dva emisní zdroje : mobilní zdroje – doprava a malé zdroje definované statistikou REZZO 3. Z hlediska typu škodliviny lze uvažovat TZL (s jeho zdravotně významnými frakcemi PM₁₀), oxid uhelnatý, oxidy dusíku (zdravotně významný je NO₂) a VOC s vesměs více než 85% podílu těchto dvou zdrojů na celkových krajských emisích.

Tab. 1. Roční emise mobilních a lokálních zdrojů v Jihomoravském kraji (2004)

Producent/zdroje	jednotky	TZL	SO ₂	NO _x	CO	VOC
Mobilní zdroje	t/r	3080,7	532,2	16541,1	31831,6	6783,3
	%	57,8	11,4	77,5	84,5	34,5
Malé zdroje	t/r	1513,8	1075,1	1028,3	3376,6	11120,3
	%	28,4	23,1	4,8	9,0	56,6
Celkem	%	86,2	34,5	82,3	93,5	91,1

Zdroj : ČHMÚ

V případě oxidu uhelnatého jsou ovšem reálné imisní koncentrace na úrovni cca 30% limitní hodnoty a tudíž jeho zdravotní riziko imisní expozice je doposud minimální. Pokud jde o skupinu látek VOC je třeba uvažovat o celé velké skupině organických látek. Ve vztahu k dopravě jde potom zejména o emise benzenu, případně dalších aromátů a 1,3-butadienu, zatímco pro malé zdroje prakticky nelze obecně definovat hlavní komponenty VOC.

Jako součást zdravotního rizika expozice prašností obvykle identifikujeme některé, tzv. specifické imise (anorganické prvky, polyaromáty, případně další individuální škodliviny).

2. Zatížení ovzduší v městech Jihomoravského kraje

I když se na celkové emisní zátěži prašnosti v kraji podílí tyto malé zdroje pouze cca 30% může být jejich rizikovost relativně významnější vzhledem k tomu, že prach je v tomto případě potenciálním nosičem celé řady specifických, zejména

organických polutantů vznikajících například v důsledku lokálního spalování různých pochybných paliv a dalšími lokálními antropogenními činnostmi.

Jak již bylo uvedeno, je však hlavním zdrojem prašnosti v Jihomoravském kraji doprava, podílející se na celkové emisi této škodliviny cca 60%. Nejedná se však pouze o exhalace ze spalovacího procesu v motoru, ale rovněž o otěry pneumatik, vozovky, brzdových destiček atp.

Malé zdroje a doprava tedy v obcích a městech přispívají k relativně vysoké imisní koncentraci PM₁₀ v ovzduší (cca 85% všech emisí), přičemž jejich relativní podíl v posledních třech letech díky růstu emisí z malých zdrojů stále stoupá. Do ovzduší se však prašnost nedostává pouze z primárních zdrojů REZZO 1-4, ale rovněž jako tzv. sekundární prašnost. Zde se jedná především o re-emisi, tedy vznik nových částic z biogenních prekurzorů a zejména pro jižní okresy Jihomoravského kraje významnou větrnou erozí. Pro některé typy částic (zejména malé částice s efektivním průměrem 2-10 μm, tvoří tato sekundární prašnost významný podíl, jenž může převyšovat 50-70 % celkové koncentrace příslušné prachové frakce.

V průběhu let 2004-5 byla v několika samostatných projektech realizovaných Zdravotním ústavem se sídlem v Brně případně s dalšími spolupracujícími organizacemi (ČHMU, CDV) pořizována imisní data v celé řadě míst a měst Jihomoravského kraje. Jsou to místa, která lze charakterizovat dle systemizace OZKO jako lokality s se zhoršenou kvalitou ovzduší (míněno ve vztahu k imisní zátěži PM₁₀).

V této práci jsou shrnuty některé výsledky ročního monitorování těchto obcí (zejména obce v okolí Brna). Hodnocení rizik je doplněno o využití údaje ze státního imisního monitoringu AIM a monitoringu zabezpečovaného Ministerstvem zdravotnictví ČR. Výsledky agregovaných hodnot imisních měření jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab: 2 Průměrné roční imisní koncentrace některých škodlivin monitorovaných ve vybraných městech a obcích Jihomoravského kraje

Lokalita	NO ₂ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	Cd (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	As (ng/m ³)
Brno-Kotlářská	46,1	50,5	0,8	30,3	6,2	1,7
Brno-Dobrovského	18,3	34,2	0,4	25,2	6,1	1,2
Hodonín	18,9	25,5	0,3	15,4	3,4	0,6
Znojmo-Kuchařovice	19,0	29,1	0,2	12,3	1,4	1,2
Mikulov	13,8	41,9	1,2	22,0	7,9	1,6
Kyjov	-	39,6	0,5	28,2	6,4	1,3
Hrušovany nad Jeviš.	-	25,0	0,3	6,0	5,0	1,0
Vracov	-	19,4	0,3	3,0	9,0	0,3
Rousínov	-	27,9	0,5	18,0	9,1	1,0
Holubice	-	31,8	0,5	18,3	4,6	1,1
Křenovice	-	31,6	0,5	21,3	5,0	1,1
Slavkov u Brna	-	34,9	0,4	20,9	4,6	1,2
Velešovice	-	38,7	0,6	25,1	18,1	1,7
Hodějice	-	45	0,5	31,2	9,0	1,7

3. Zdravotní rizika imisní expozice obyvatel Jihomoravského kraje

3.1. Zdravotní rizika expozice oxidem dusičitým (NO₂), polétavým prachem frakce PM₁₀ v některých obcích JmK.

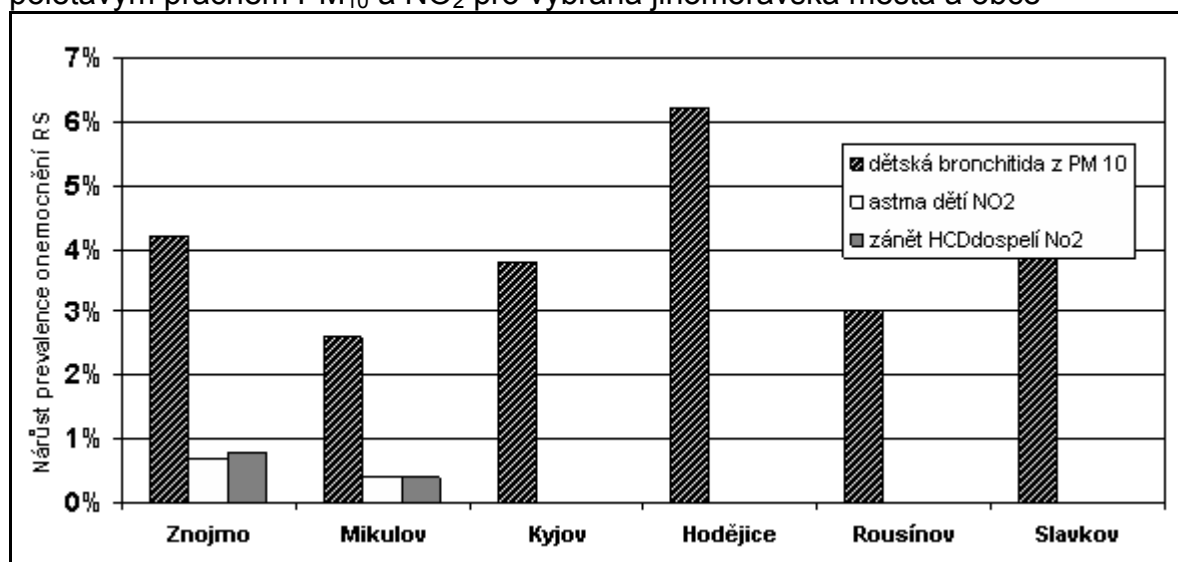
Kvantitativní hodnocení zdravotních rizik z imisního zatížení obyvatel standardními škodlivinami typu PM₁₀ a NO₂ (resp. TSP/PM_x, NO_x, SO₂, CO a O₃) vychází z výsledků epidemiologických studií. Zdravotní riziko je vyjádřeno jako poměr pravděpodobnosti počtu exponovaných osob v populaci s příslušnými zdravotními příznaky (v důsledku působení definované škodliviny) k počtu osob neexponovaných s týmiž příznaky.

Jedná se tudíž o relativní hodnotu, která nás informuje, kolikrát se zvýší pravděpodobný počet případů při krátkodobé nebo dlouhodobé expozici příslušnou standardní škodlivinou ve srovnání s populací, která teoreticky není dané škodlivině vystavena. Z těchto údajů můžeme odhadnout kolika procenty se táž škodlivina (její imisní koncentrace) podílí na celkovém počtu onemocnění sledované diagnózy.

Jako kritérium pro vyjádření zdravotního rizika z dlouhodobé expozice polétavým prachem obvykle hodnotíme vliv imisí PM₁₀ na projevy bronchitidy dětské populace, nebo můžeme vyhodnotit pravděpodobnost přírůstků celkových úmrtí v důsledku této expozice, případně úmrtí na kardiovaskulární choroby. Odhad zdravotního rizika dlouhodobé expozice oxidem dusičitým NO₂ můžeme kromě přírůstku úmrtí vlivem této expozice hodnotit například nárůstem astmatu u dětí, resp. zánětu horních cest dýchacích u dospělých.

Obr. 2. dokumentuje procentový nárůst (nárůst prevalence) onemocnění vlivem dlouhodobé expozice obyvatel Znojma, Mikulova, Kyjova, Hodějic, Rusínova a Slavkova působením polétavého prachu, respektive expozicí oxidem dusičitým NO₂ v závislosti na celoročně monitorované imisní koncentraci škodlivin v každé lokalitě.

Obr. 2. Nárůst prevalence chorob respiračního systému v důsledku expozice polétavým prachem PM₁₀ a NO₂ pro vybraná jihomoravská města a obce



Z tohoto obrázku je zřejmé, že například přibližně 4 % dětí z celkové dětské populace Znojma může v důsledku expozice imisemi polétavého prachu s jeho průměrnou roční koncentrací PM₁₀ 29,1 µg.m⁻³ onemocnět bronchitidou a 0,7 %

téže dětské populace může být zasaženo astmatem vlivem průměrné roční koncentrace NO_2 $19 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, což jsou dlouhodobé průměrné koncentrace v této lokalitě monitorované stanicí AIM. Chronickým zánětem horních cest dýchacích vlivem této koncentrace může být zasaženo 0,8 % dospělých obyvatel Znojma.

Podobně můžeme tyto prevalence odhadnout i pro ostatní města a obce kraje (u nichž máme k dispozici dlouhodobě měřené/monitorované imisní koncentrace příslušné škodliviny).

3.2. Zdravotní rizika z expozice arsenem, kadmíem, niklem a olovem v prachu některých obcí a lokalit Jihomoravského kraje.

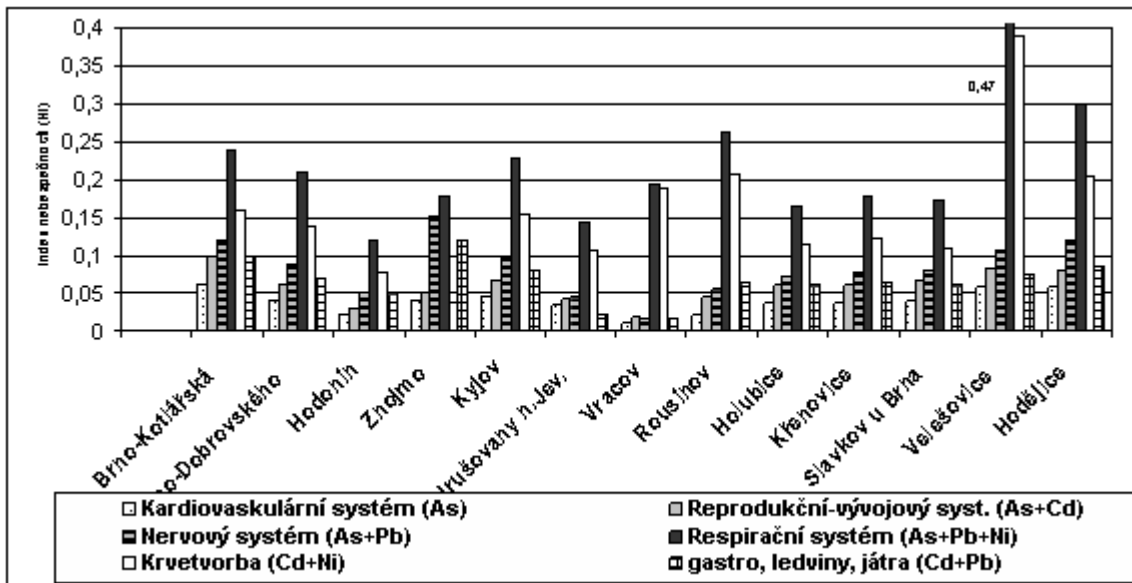
Pro ilustrativní hodnocení zdravotních rizik některými anorganickými imisními škodlivinami byly vybrány čtyři toxikologicky významné prvky – As, Cd, Ni a Pb, jejichž přítomnost v ovzduší tvoří natolik významné zdravotní riziko, že byly nebo jsou pro ně definovány legislativní imisní limity.

Chronická systémová rizika

Zdravotní rizika z chronické expozice těžkým kovům byla vyhodnocena na základě měření uskutečněného v letech 2004 a 2005 v lokalitách některých městech a malých obcích v okolí Brna. Koncentrace toxických prvků byly identifikovány vždy spolu s monitorováním prašnosti PM_{10} v příslušné lokalitě. Odhad chronického systémového rizika vybraných měst a obcí Jihomoravského kraje byl zacílen na toxické kovy tvořící součást polétavého prachu, které mohou poškodit organismus při dlouhodobé expozici.

Z ročních hodnot průměrných imisních koncentrací vypočítáme koeficient nebezpečnosti příslušné škodliviny HQ a jejich součet pro shodné působení na cílové orgány nebo systémy člověka je definován indexem nebezpečnosti (rizika) pro člověka (HI). Tyto údaje jsou pro soubor sídel Jihomoravského kraje uvedeny v grafech na obr. 3. Index rizika HI může nabývat hodnot různých od nuly, přičemž hodnota 1 je stanovena experty jako hodnota při níž lze očekávat vážné až nevratné poškození příslušného orgánu nebo systému exponovaného člověka.

Obr. 3. Index nebezpečnosti (HI) pro inhalační chronické systémové riziko z expozice toxickým kovům ve vybraných jihomoravských městech a obcích



Z grafu lze dovodit několik závěrů:

1. Zdravotní rizika z expozice těchto čtyř toxických prvků jsou prakticky velice podobná v malých obcích i městech.
2. Dominantním je dílčí riziko expozice niklem, jenž například v malých obcích Velešovice, Hodějovice nebo Rousínov dosahuje HQ 0,2 -0,4. Tento stav se podílí na relativně již značných rizicích pro krevní systém, případně respiračních potíží v některých obcích (HI 0,47 Velešovice)
3. Hodnocená rizika těchto tří prvků jsou významná v jejich působení na respirační systém (HI v mezích cca 0,2 – 0,5) prakticky pro všechny měřené lokality.

Nicméně i přes tyto vyšší hodnoty indexu nebezpečnosti HI rizika stále nepřesahují hraniční hodnotu akceptovatelnosti rovnu 1 . Výsledná rizika (HI) pro kardiovaskulární, reprodukční a intestinální systém jsou pro expozici těchto čtyř prvků prakticky zanedbatelná.

Takto vypočítané inhalační riziko je však třeba posuzovat opatrně. Je totiž zřejmé, že zejména pro ohrožení respiračního systému (dýchací obtíže, astma a chronická obstrukční nemoc plicní) nezanedbatelnou roli budou i nadále hrát imisní koncentrace polévatého prachu jako takového a ve spojitosti s koncentracemi oxidů dusíku a v případě podzimních a zimních měsíců v lokalitách malých obcí i se stále se zvyšujícími koncentracemi imisí oxidu siřičitého. Dále musíme předpokládat, že polévatý prach jako nosič anorganických i organických polutantů s sebou nese i další námi zde neidentifikované polutanty, jejichž dílčí riziko se musí k výsledné hodnotě HI také připočíst.

Z tohoto pohledu jsou hodnoty HI dosahující již přibližně poloviny bezpečné expozice zcela jistě varovné.

Karcinogenní rizika

Kromě systémového rizika jsou i některé z hodnocených prvků prokázány nebo alespoň podezřelé karcinogeny. Karcinogenní působení je označováno jako bezprahové, tzn. že škodlivý účinek se může projevit již v jakýchkoliv dávkách odlišných od nuly a při hodnocení jejich rizika se vychází z představy lineárního

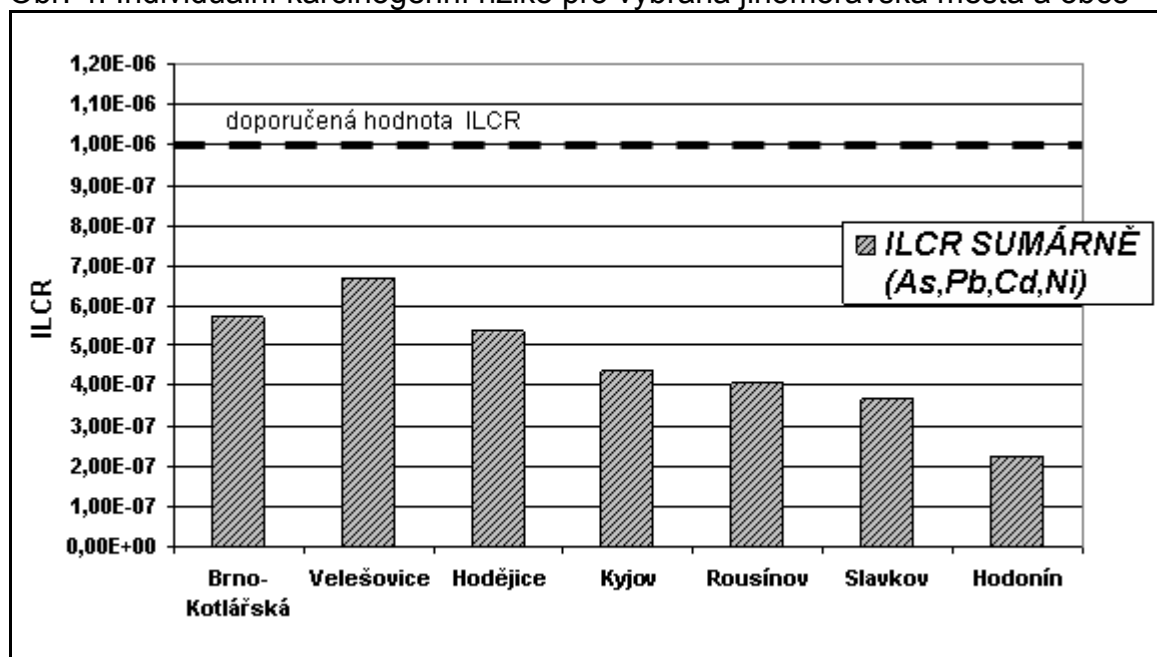
vztahu mezi dávkou a účinkem. Výpočet, který je tímto postupem stanoven, vyjadřuje maximální riziko, za předpokladu celoživotní expozice sledované látky.

Ze znalosti LADD (celoživotní denní příjem škodliviny), vypočteného z její průměrné roční koncentrace za použití definovaného expozičního scénáře, můžeme vyjádřit celoživotní expoziční riziko jednotlivce ILCR .

Riziko vypočítané pomocí tohoto vztahu se považuje za teoretické zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorových onemocnění nad všeobecný průměr v populaci. Reálné riziko je pravděpodobně vždy nižší. Jako přijatelná míra karcinogenního rizika se při hodnocení regionálních vlivů, tj. v oblasti nad 100 – 10.000 exponovaných obyvatel udává hodnota ILCR 1×10^{-6} , což lze interpretovat jako pravděpodobnost vzniku zhoubného onemocnění vlivem škodliviny nad přirozený výskyt u jednoho člověka z milionu celoživotně exponovaných příslušnou imisní koncentrací škodliviny.

Karcinogenní rizika z chronické expozice těžkým kovům As, Pb, Ni a Cd byla vypočtena na základě měření z let 2004 a 2005 jimiž byly získány průměrné roční imisní koncentrace těchto prvků v poléťavém prachu frakce PM₁₀ z ovzduší zájmových měst.

Obr. 4. Individuální karcinogenní riziko pro vybraná jihomoravská města a obce



Z grafu na obr.4. je zřejmé, že karcinogenní rizika z expozice toxickým kovům jsou pro všechna monitorovaná města a obce nižší než je WHO doporučená hodnota $1.0E-06$.

Z grafu plyne zajímavý závěr, že odhad pravděpodobnosti karcinogenního rizika z identifikovaných koncentrací těchto prvků ve venkovním ovzduší je v lokalitě Velešovice, nacházející se v bezprostřední vzdálenosti od dálnice Brno-Vyškov, díky vysoké koncentraci imisí niklu, dokonce vyšší než v okolí jinak vysoce dopravně zatížené křižovatky Brno – Kotlářská.

Je ovšem zřejmé, že například právě v okolí této rušné křižovatky jsou identifikovatelné imise dalších karcinogenů, jako např. benzen a benzo-a-pyren a další polyaromáty z dopravy a tak i úhrnné riziko této lokality je ve skutečnosti podstatně vyšší.

Tyto výpočty nám však názorně ukazují, že nejsou v kraji malá města, která by nebyla zatížena určitou, někdy dokonce značnou mírou rizika pocházejícího z imisí toxikologicky významných škodlivin vázaných na poléťavý prach.

Literatura

- [1] Pokorný, B. a kol., Adamec, V. a kol. *Podíl dopravy na zdravotním stavu obyvatel v městě Brně*. Brno: CDV, ZU Brno (2006), 54 s.
- [2] Pokorný, B., a kol. *Vliv životních a pracovních podmínek na zdraví obyvatel Jihomoravského kraje*, ZU Brno (2006), 250 s. v tisku
- [3] Pokorný, B., Krumlová, A., (2006) : *Studie zdravotních rizik obyvatel obce Hodějice z expozice prašností a toxickými prvky v ní obsaženými*. ZU Brno (2006), 22 s.
- [4] Aunan, K., *Exposure-response functions for health effects of air pollutants based on epidemiological findings*. CICERO Working Paper 1995:8.

Hodnocení zdravotních rizik PAH z dopravy

Vladimír Adamec¹, Bohuslav Pokorný², Jiří Huzlík¹, Roman Ličbinský¹

¹ Centrum dopravního výzkumu
Líšeňská 33a, 636 00 Brno
e-mail:vladimir.adamec@cdv.cz

² Zdravotní ústav se sídlem v Brně
Gorkého 6, 602 00 Brno

Abstrakt

This paper presents results of a year monitoring campaign of polyaromatic hydrocarbons (PAH) concentrations on two localities with different traffic intensity and surroundings characters including health risk assessment of these compounds. Recently more and more studies try to demonstrate significant effect of transport related emissions on human mortality especially in large cities. PAH belong to group of persistent organic pollutants, which arise during imperfect combustion of fossils fuels. PM_{2.5} have been measured and 16 basic PAH adsorbed on the surface of these particles were identified. Obtained concentrations were used as input data in health risk assessment in terms of the Guideline MŽP. The possibility of carcinoma occurrence is acceptable for individuals both for adults and children on both localities but is not acceptable for assumed populations of adults and children also on both localities.

1. Úvod

Doprava vedle svých pozitivních vlivů na rozvoj společnosti nese s sebou bohužel i řadu negativních dopadů na životní prostředí člověka. V současné době se hovoří ve spojitosti s dopravou a zdravím člověka převážně o dopravních nehodách. Avšak stále více v poslední době vystupuje do popředí snaha o prokázání vlivu emisí z dopravy na úmrtnost obyvatel. Zatím co u dopravních nehod je poranění nebo úmrtí jasným a zřetelným jevem, negativní vlivy znečištění ovzduší, až na výjimky, jsou jevem pozvolným, velmi často s nevratným poškozením zdraví lidí. V této souvislosti pak můžeme hovořit o problematice dopravních nehod jako o rizicích krátkodobých, zatím co o emisích produkovaných dopravou jako o rizicích dlouhodobých, která jsou bohužel vnímána méně intenzivněji než nehodovost.

Nejzávažnějším problémem dopravy je kontaminace ovzduší emisemi, především vzhledem k jejich významnému vlivu na lidské zdraví, zejména ve velkých městech s vysokou hustotou automobilové dopravy. Složení a velikost emisí závisí především na dopravní intenzitě, množství a složení pohonných hmot, typu a funkčním stavu motoru a režimu jízdy. Příčinou emisí škodlivin z motorů vozidel do volného ovzduší jsou výfukové plyny, které vznikají při spalování pohonných hmot. Jsou to komplexní směsi obsahující stovky chemických látek v různých koncentracích, často s toxickými, mutagenními a karcinogenními vlastnostmi. Velmi sledovanou oblastí se v této souvislosti staly i polyaromatické uhlovodíky (PAH) právě vzhledem k jejich možným dlouhodobým zdravotním rizikům.

2. Zdravotní rizika PAH

PAH jsou skupinou látek zahrnující několik set sloučenin s různými účinky na zdraví člověka. Mezi nejzávažnější, produkované rovněž dopravou, patří benz(a)anthracen, benzo(a)pyren a dibenz(a,h)anthracen, které jsou dle US EPA

klasifikovány jako pravděpodobné karcinogeny pro člověka a jsou řazeny do skupiny B2 [1]. Skladba aromatických kruhů v jejich molekulách vytváří tzv. záživou strukturu, která reaguje s buněčnými makromolekulami včetně DNA a je zodpovědná za jejich toxicitu a karcinogenitu. Tyto látky vznikají při nedokonalém spalování fosilních paliv, jsou součástí výfukových plynů, uhelného dehtu, asfaltu a pod. Primárně vstupují do ovzduší, kde se sorbují na povrch pevných částic (PM) a poté jsou z atmosféry uvolňovány fotochemickou oxidací a suchou depozicí na povrch a do vody. Proto byli detekovány zvýšené koncentrace těchto látek v ovzduší především v blízkosti dopravou silně zatížených komunikací. Do organismu mohou vstupovat inhalací, perorálně i dermálně a po vstupu jsou rychle transportovány hlouběji do organismu. Jejich metabolismus je komplexní často zahrnující vznik dalších karcinogenních látek (např. benzo(a)pyren 7,8 diol-9,10-epoxid). Dosud nejsou známy přesvědčivé argumenty o jejich působení na zdraví člověka. Studie na zvířatech však naznačují při expozici těmito látkám negativní změny v reprodukci, krevním oběhu, lymfatických tkáních a také výskyt nádorových onemocnění plic. Mnoho epidemiologických studií předkládá jasné spojení mezi expozicí směsi PAH a vyšším výskytem rakoviny plic [2]. Určení podílu jednotlivých sloučenin k celkové toxicitě však není možné.

3. Materiál a metody

Jako vstupní data byla využita reálná měření probíhající v roce 2005 až 2006 (v intencích NV 350/2002) na vybraných lokalitách města Brna, s různou dopravní zátěží a charakterem okolí (lokalita 1 – vysoká intenzita provozu, kaňon; lokalita 2 – nižší zatížení dopravou než lokalita 1, otevřený prostor). Sledovány byly vybrané PAH (dle EPA) sorbované na PM_{2.5}.

Hodnocení rizika karcinogeneze inhalací PAH bylo prováděno s využitím přepočtu faktorů ekvivalentní toxicity (TEF) publikovaných v roce 1992 ve studii autorů Nisbet a LaGoy [3] pro výpočet celkového rizika směsi PAH vypočtených jako ekvivalentní koncentrace benzo(a)pyrenu. Odhad zdravotního rizika byl proveden podle Metodického pokynu MŽP publikovaného ve Věstníku MŽP ČR č. 9, 2005 [4] na základě expozičního scénáře pro průměrnou populaci, počítající s průměrnou hodnotou tří hodin expozice venkovním ovzduším. Při výpočtu populačního karcinogenního rizika z expozice PAH bylo vycházeno z údajů o počtu obyvatel poskytnutých Českým statistickým úřadem.

K vyhodnocení celoživotního denního příjmu (expozice) uvažované škodliviny bylo využito následujícího vztahu

$$LADD = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

kde:

LADD je průměrný denní příjem škodliviny inhalací (mg/kg těl.hm./den)

CA koncentrace sledované škodliviny v ovzduší (mg.m⁻³)

IR objem vzduchu vdechnutého za den (m³.hod⁻¹)

ET doba expozice (hod.den⁻¹)

EF frekvence expozice (den.rok⁻¹)

ED trvání expozice (rok)

BW tělesná hmotnost jedince (kg)

AT doba, na kterou je expozice průměrována (den)

4. Výsledky a diskuse

Koncentrace PAH v ovzduší modelových lokalit (tab. 1) odpovídají hodnotám, které bývají stanovovány v prostředí se střední intenzitou dopravy nebo průmyslu. Například v městském ovzduší v Birminghamu se průměrné koncentrace 16 PAH pohybovaly v rozmezí 28,7 – 62,9 ng.m⁻³ [5, 6]. Nejvyšší koncentrace byly zjištěny pro fenanthren, fluoranthen a pyren. V Chicagu byly celkové průměrné koncentrace PAH 113 ± 15,5 ng.m⁻³, DDT 0,082 ± 0,01 ng.m⁻³, HCH 0,13 ± 0,01 ng.m⁻³ a PCB 1,81 ± 0,17 ng.m⁻³ [7] a v Londýně a Manchesteru byly v městském ovzduší v letech 1991 - 1998 zjištěny celkové průměrné koncentrace 12 PAH 32,5 až 61,5 resp. 35,7 až 107,9 ng.m⁻³ [8]. Z uvedených hodnot je patrná dobrá shoda s výsledky analýz ovzduší na sledovaných lokalitách města Brna, kde na lokalitě 1 a 2 byly naměřeny hodnoty celkových koncentrací 10 netěkavých PAH (fluoranthen, pyren, benz[a]anthracen, chrysen, benzo[j]fluoranthen, benzo[k]fluoranthen, benzo[a]pyren, indeno[1, 2, 3-cd]pyren, benzo[ghi]perylene, koronen) v rozmezí 1,3 – 177 ng.m⁻³. Na lokalitě 1 byly průměrné roční hodnoty 20,7 ng.m⁻³ a na druhé lokalitě 19,2 ng.m⁻³.

Tab. 1. Přehled výsledků stanovení koncentrací jednotlivých PAH v ovzduší [ng.m⁻³]

Kampaň	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Naftalen	3,83	4,01	2,01	2,09	2,17	1,01	3,58	2,90	0,58	0,55	0,87	0,86	2,13	2,05	1,60	1,30
Acenaftylen	0,22	0,18	0,07	0,03	0,03	<0,03	0,06	<0,03	0,04	0,03	0,25	0,14	0,65	0,34	0,25	0,28
Acenaften	0,17	0,17	0,11	0,10	0,04	0,05	0,10	0,05	<0,03	<0,03	0,13	0,10	0,07	0,04	0,04	<0,03
Fluoren	0,43	0,41	0,44	0,27	0,33	0,20	0,48	0,47	0,06	0,06	0,32	0,30	0,99	0,73	0,50	0,51
Fenanthren	8,11	8,35	6,80	4,28	5,06	3,03	6,92	6,29	0,90	0,65	3,63	3,44	5,28	5,17	4,42	4,70
Anthracen	0,41	0,33	0,36	0,27	0,32	<0,03	0,44	0,32	0,10	0,05	0,40	0,24	0,69	0,56	0,54	0,69
Fluoranthen	3,08	2,86	1,09	0,68	0,93	0,52	1,37	0,84	2,04	1,48	8,43	7,75	7,20	6,42	5,66	7,21
Pyren	4,84	4,60	1,41	1,04	1,14	0,90	2,67	1,88	3,64	2,71	9,35	7,74	6,76	5,66	6,76	8,34
Benz[a]anthracen	0,61	0,51	0,37	0,20	0,08	<0,03	0,16	0,10	0,90	0,63	4,90	3,98	2,55	2,35	2,24	2,95
Chrysen	1,14	1,08	0,60	0,35	0,18	<0,03	0,18	0,05	1,38	1,00	6,52	6,02	4,24	3,89	3,71	4,07
Benzo[j]fluoranthen	0,47	0,50	0,50	0,34	0,07	<0,03	0,07	0,05	0,39	0,32	3,85	4,26	3,09	2,92	2,77	3,21
Benzo[k]fluoranthen	0,47	0,89	0,42	0,24	0,04	<0,03	0,08	0,04	0,45	0,33	6,75	5,39	2,13	1,65	1,84	2,88
Benzo[a]pyren	0,78	0,92	0,58	0,52	0,09	0,07	0,18	0,12	0,38	0,18	7,75	5,25	1,90	1,18	2,61	3,03
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,80	1,14	0,35	0,41	0,52	<0,03	0,17	0,19	0,49	0,21	3,61	3,58	2,87	1,56	2,21	3,37
Dibenz[a,h]anthracen	0,63	0,61	0,25	0,30	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,06	0,03	0,16	0,22	0,09	0,07	0,04	0,16
Benzo[ghi]perylene	1,30	1,19	0,84	0,65	0,18	<0,03	0,20	0,03	0,31	0,14	2,36	3,23	3,37	1,83	2,53	4,00
Koronen	1,54	2,46	1,17	0,63	0,29	0,17	0,49	0,12	0,38	0,26	2,10	2,65	1,60	0,96	1,71	2,47
Σ PAH dle EPA	27,3	27,8	16,2	11,8	11,2	5,8	16,7	13,3	11,7	8,4	59,3	52,5	44,0	36,4	37,7	46,7

Kampaň: I 04.-11.04.2005 II 23.-30.05.2005 III 27.06.-04.07.2005
 IV 22.-29.08.2005 V 10.-17.10.2005 VI 28.11.-05.12.2005
 VII 16.-23.01.2006 VIII 27.02.-06.03.2006

Z hodnocení zdravotních rizik vyplývá, že pravděpodobnost výskytu nádorového onemocnění v důsledku expozice PAH je akceptovatelná v případě individuálního celoživotního rizika (ILCR) a to na obou lokalitách pro dospělou osobu i děti, kdy nedošlo k překročení „zdravotně bezpečné“ hodnoty (1.10⁻⁶).

Při posuzování populačního rizika (APCR) je patrné výrazné překročení limitní hodnoty zejména u dětské populace a proto lze hovořit o významném riziku výskytu nádorových onemocnění jak u dospělé populace, tak u dětské.

Tab. 2. Individuální a populační riziko z inhalační expozice PAH

Lokalita	ILCR		APCR	
	Dospělí	Děti	Dospělí	Děti
1	1,38E-07	5,78E-06	1,30E-04	2,72E-03
2	1,24E-07	5,21E-06	9,02E-05	1,90E-03

5. Závěr

Hodnocené škodliviny jistě nejsou všemi potenciálně identifikovatelnými imisemi z dopravy, které se mohou na celkovém potenciálu karcinogeneze podílet. Přesto získané výsledky jednoznačně prokazují, že již tento omezený výběr škodlivin je potenciálně rizikový pro exponované obyvatele blízkého okolí obou lokalit. Individuální celoživotní rizika jsou na obou lokalitách na hranici akceptovatelného individuálního rizika. Pro populační riziko jsou vzhledem k předpokládanému počtu exponované populace naplněny akceptovatelné meze zejména pro dětskou populaci.

Literatura

- [1] Nisbet, K., Lagoy, J.: Toxic equivalency factors (TEFs) polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), *Reg. Toxicol. Pharmacol.*, 16, 1992, p. 290 – 300.
- [2] Risk Assessment Information System, <http://rais.ornl.gov/>, 2005.
- [3] Krzyzanowsky, M., Kuna-Dibbert, B., Schneider, J. (Eds.): *Health effects of transport-related air pollution*, WHO Europe, 2005.
- [4] Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí pro hodnocení rizika. *Věstník MŽP ČR* č. 9, 2005
- [5] Gertler A. W., Abu-Allaban M., Lowenthal D. H.: *The mobile source contribution to observed PM10, PM2,5 and VOCs in the greater Cairo area*, In JOUMARD, R. (ed.) *Environnement & Transports / Environment & Transport : Vol. 1 Poster communications. Actes INRETS n°107*. Reims (France), June 12-14, 2006. Bron cedex (France), INRETS, 2006, p.263-269.
- [6] Duan F. K., He K. B., Ma Y. L., Yang F. M., Yu X. C., Cadle S. H., Chan T., Mulawa P. A.: *Concentration and chemical characteristics of PM2.5 in Beijing, China: 2001 – 2002*, *Science of Total Environment*, 355, 2006, p. 264 – 267.
- [7] Harrison, R.M., Smith, D.J.T., Luhana L.: *Source Apportionment of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Collected from an Urban Location in Birmingham, U.K.* *Environ. Sci. Technol.*, 30, 1996, p. 825-832.
- [8] Harrison, R.M., Tilling R., Callén Romero, M.C., Harrad, S., Jarvis K.: *A Study of Trace Metals and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Roadside Environment*. *Atmos. Environ.*, 37, 2003, p. 2391-2402.

Opatření směřující k udržitelné dopravě

Jiří Bendl

Ministerstvo životního prostředí ČR
Vršovicka 65, 100 10 Praha 10 Vršovice
e-mail: Bendl@env.cz

Abstrakt

Environmental measures in transport consist in internalisation of external costs, reduction of emissions from transport due technical improvements and infrastructure measures leading to minimising of health risks and detrimental environmental impacts caused by excessive burdening of settlements by emissions of harmful pollutants and noise, in use of alternative fuels especially based on natural gas, in massive support to create a dense network of safe separated cyclist routes for daily use, in reduction of traffic noise by calming transport and in reduction of their speed, in support of freight and passenger transport in favour of environmentally sounder kinds, such as railway, combined and also public passenger and pedestrian transport, in the limitation of the spreading of invasive species of flora and fauna in the import of goods, in constructions of bio-corridors crossing the highways and roads.

1. Neudržitelné jevy v dopravě

Exponenciální růst populace na Zemi (nyní asi 6.5 miliardy obyvatel) během posledních několika desítek let způsobuje mnohé negativní jevy, se kterými se lidstvo zatím v takové míře nesetkalo. Jedním z nich je kvantitativní růst mobility při její zatím nedostatečné technické kvalitě, který způsobuje nežádoucí jevy, které jsou mnohdy nevratné. Stále významněji se na emisích do ovzduší a spotřebě neobnovitelných zdrojů budou podílet i emancipované rozvojové země. Rostoucí mobilita bude klást další nároky na složky životního prostředí, na zdraví obyvatel a přírodní zdroje.

1.1. Nežádoucí emise

Dlouhodobě problematické jsou emise "nerozložitelných" těžkých kovů, které v přírodě zůstávají, migrují a ovlivňují biosféru a zdraví člověka. Patří sem např. již v ČR téměř opouštěné olovo jako antidetonátor, olovo jako součást základních barev, olovo jako součást akumulátorů, kadmium jako součást úprav kovů, platinové kovy jako součást katalyzátorů, sloučeniny titanu jako součást barev pro lodě a další toxické kovy a jejich sloučeniny.

Dalším typem jsou emise sice rozložitelné či časem pasivované, ale během své doby setrvání v prostředí působící negativně na zdraví člověka, prosperitu organismů a na majetek. Patří sem karcinogenní a mutagenní polyaromatické uhlovodíky, benzen, persistentní organické látky, dioxiny, oxidy dusíku a síry způsobující acidifikaci prostředí, organické látky jako prekursorů přízemního toxického ozónu a fotosmogu, aldehydy, mikročástice menší než 10 nebo 2.5 mikrometru (PM₁₀, PM_{2.5}), které mají velmi nepříznivé složení a snadno pronikají hluboko do plic, jedovatý oxid uhelnatý, otěry z pneumatik, víření prachu a velmi

stresující hluk. Uvolňování halogenovaných uhlovodíků využívaných v dopravě má rovněž negativní vliv na svrchní stratosférickou ozónovou ochrannou vrstvu.

Kromě hluku si většinu těchto rizikových emisí prakticky neuvědomujeme, protože pro naše smysly jsou obtížně postřehnutelné a přitom jsou v koncentracích, které jsou pro nás škodlivé. A tak není člověk dostatečně varován před skutečným zdravotním nebezpečím, které pro něj emise z dopravy představují, nepřikládá jim tak potřebnou pozornost a nevytváří dostatečný tlak na politický rozhodovací proces.

1.2. Nežádoucí spotřeba neobnovitelných zdrojů energie a surovin a změna klimatu

Varující je prudká změna složení atmosféry Země z hlediska skleníkových plynů. Lidstvu se podařilo z hlediska paleontologického i historického zvýšit ve velice krátké době o asi jednu čtvrtinu koncentraci oxidu uhličitého v globální atmosféře. Kromě energetiky se ve stále větší míře podílí a bude podílet na tomto nežádoucím jevu doprava.

Do bilance emisí skleníkových plynů a spotřeby neobnovitelných zdrojů je zapotřebí započítat i emise z výroby stavebních materiálů (cementu, vápna) pro výstavbu dopravní infrastruktury a dalších zdrojů pro výrobu dopravních prostředků.

1.3. Nežádoucí zábery prostoru, zhoršování průchodnosti krajinou pro živočichy a ohrožování ekosystémů

K fyzické likvidaci stanovišť živočichů a rostlin a zabírání volného prostoru dochází při výstavbě infrastruktury pro dopravu. Liniové stavby, především dálnice, znemožňují příčný průchod pro živočichy, ale i pro člověka volně se pohybujícího krajinou. Provoz na silnicích je častou příčinou usmrcení drobných živočichů, jako jsou např. ohrožení obojživelníci, plazi i savci. Závažné riziko pro ekosystémy představují i dopravou introdukovaní živočiši a rostliny, kteří vytlačují domácí druhy. Nebezpečím je i snadnější přenos infekčních chorob s dopravou, např. výskyt komárů s malárií v okolí letišť. Přehnané zimní ošetřování komunikací solením a rozstřik solí do okolí způsobuje kromě ničení drahých betonových konstrukcí, jako jsou mosty, i poškozování vegetace, mobilizaci rizikových látek do ovzduší, a dokonce vytváření chlorovaných látek bakteriemi v půdách a degradaci humusové půdní vrstvy. Ošetřování drážních těles, dálničních i silničních komunikací biocidy rovněž ohrožuje stanoviště, ekosystémy a je zátěží i pro člověka.

1.4. Zabití, zranění, nehody a havárie nebezpečného nákladu

Havárie, především v automobilové dopravě, usmrtí jen v České republice více než tisíc osob ročně a 5 až 8 tisíc osob ročně je těžce zraněných. Většina osob navíc zahyne ne z vlastního zavinění! Lehce zraněných a šokem traumatizovaných osob je o řád více. Rizikem jsou i občasné havárie s nebezpečným nákladem, kam patří chemické rizikové a toxické látky, jako je např. chlor.

2. Opatření snižující zmíněné nežádoucí jevy z dopravy

Technický rozvoj dopravních prostředků a promyšlenější organizování dopravy z hlediska snižování nežádoucích jevů jsou výzvou pro konstruktéry, výrobce a rozhodovací sféru.

Ekonomicky nejúčinnějším motivujícím prvkem je zahrnutí externích škod z dopravy (škody na zdraví, přírodě a majetku) do nákladů a ceny dopravy. Teprve pak jsou nastavena spravedlivá kritéria, která tak výrazně motivují další vědeckotechnický rozvoj, k ekonomickému chování uživatelů dopravy a v konečném důsledku odstraňují nežádoucí jevy. S tím je spjata i následná reinvestice finanční prostředků získaných z výběru daní a poplatků z dopravy do vývoje a aplikace moderních environmentálně šetrných dopravních technologií včetně příslušné infrastruktury. Výdaje z rozpočtu Státního fondu dopravní infrastruktury ČR by měly zatím výrazněji zohledňovat environmentální hlediska dopravy a alespoň tak překlenovat stávající nezahrnutí externích nákladů za škody z dopravy do jejich cen.

Včasná podpora a rozvoj alternativních paliv, či alternativních způsobů dopravy připravuje přechod na méně škodlivou dopravu a vytváří vhodnou nabídku uživatelům a snižuje závislost České republiky na dovážené ropě. Ke snížení vlivu dopravy na klimatické změny bude využívání paliv z obnovitelných zdrojů energie nabývat na důležitosti. Zároveň je nutné zvyšovat kvalitu emisních standardů z motorů, které využívají tato paliva a vybudovat potřebnou distribuční síť tak, aby v roce 2020 činil jejich podíl minimálně 20% z celkové spotřeby.

Pravděpodobně asi nejsnazší cestou, jak výrazně eliminovat nejrizikovější emise z dopravy a zlepšit kvalitu ovzduší ve městech, kde je soustředěna většina obyvatel, je masivní přechod na využívání zemního plynu pro pohon všech motorů, jak v silniční dopravě, tak i např. při modernizaci motorové železniční trakce nebo lodí. Zemní plyn ve formě stlačeného plynu (CNG) je úspěšně využíván již asi u 4 milionů vozidel ve světě a u nás např. u Ekobusů. Téměř nulové emise mikročástic a aromatických uhlovodíků a i další emisně příznivější parametry tvoří z tohoto paliva ideální přechod na vodíkové hospodářství v dopravě nebo využívání zemního plynu či vodíků v palivových článcích. Výhodou je snížení závislosti na vývozcích ropy a mnohem větší životnost zásob zemního plynu oproti rychle se snižujícím zásobám ropy. Nevýhodou u zemního plynu zůstává produkce skleníkového oxidu uhličitého z fosilního zdroje i když ve srovnání s deriváty ropy je asi o čtvrtinu příznivější.

Nabídka alternativních druhů dopravy, jako je například pěší a cyklistická doprava, je nadále velice podceňována z pohledu budování moderního dopravního módu. Moderní společnost se však vrací k této nejpřirozenější dopravě, která je pro člověka z hlediska jeho zdraví zásadně důležitá. Nedostatek fyzické aktivity zapříčiňuje u většiny Evropanů riziko předčasného výskytu řady civilizačních chorob, které kromě vlastního zhoršení kvality života občana, přináší společnosti i značné náklady na léčbu a snížení hospodářské produktivity. Investice do rozvoje husté sítě bezpečných cyklostezek, po kterých se denně můžeme přepravit kam potřebujeme, je zásadním krokem pro rozvoj tohoto dopravního módu. Dle studie Severské rady ministrů se ukazuje, že investice do cyklo dopravy jsou momentálně nejefektivnějšími investicemi v rámci dopravy. Relativně malé náklady na výstavbu cyklostezek mohou přinést významné zlepšení v podílu cyklistiky na dopravě a úměrně tomu i zlepšení imisní situace a zároveň zlepšení zdravotního stavu obyvatel. Zde doporučuji, aby podíl investic do cyklo dopravy tvořil v rámci rozpočtů měst a Státního fondu dopravní infrastruktury ČR alespoň tři procenta z jejich celkových rozpočtů na dopravu. Tři

procenta jsou relativně malým podílem, ale pro cyklo dopravu a výstavbu potřebné infrastruktury se jedná o zásadní obrat v pochopení jejího přínosu. Teprve bezpečná sofistikovaná infrastruktura umožní všeobecné využívání kol všem věkovým kategoriím občanů. Jelikož se jedná o potřebu výstavby několika tisíc km kvalitních komunikací s hladkými povrchy a s dlouhou životností s nápaditým trasováním, doporučuji pověřit národní profesní orgán jejich projektováním, vyřizováním administrativních záležitostí a i vlastní výstavbou a zárukou na životnost díla. Tento způsob bude určitě efektivnější, než ponechat starosti s výstavbou na zastupitelích malých obcí.

Je potřeba tlumit bariérový efekt způsobený stávající i novou, především dálniční infrastrukturou, který znemožňuje migraci volně žijících živočichů, což má za následek ztrátu jejich přirozených stanovišť. Zprůchodňování stávající i nové infrastruktury by se mělo stát samozřejmostí. U nové výstavby a rekonstrukce silnic, dálnic a železnic je výhodné a nutné důsledně uplatňovat procesy SEA a EIA a zkvalitnit tak projekty zahrnutím veškerých parametrů.

I pro zvýšení bezpečnosti dopravy a snížení emisí prachu a hluku z výmolů a děr je významným parametrem i kvalita provádění děl a rovnost jejich povrchů. Rovněž zvýšení celkové životnosti a prodloužení záruk na prováděné stavby bude klíčovým krokem při zajišťování potřebných finančních prostředků do budoucna, které jsou jinak zbytečně spotřebovávány na stálé a nedokonalé opravy.

Klíčová je podpora změny podílu nákladní a osobní dopravy ve prospěch environmentálně šetrnějších druhů, jako je železniční, kombinovaná a dále veřejná osobní, cyklistická a pěší doprava. Přesun nepřirozeně přetížených silnic kamionovou dopravou, která přepravuje zboží i na neúměrně velké vzdálenosti je potřeba urychleně řešit rozvojem kombinované železniční dopravy, která zajistí přepravu z námořních přístavů do a mezi veřejnými logistickými centry. K tomu bude potřeba modernizovat a unifikovat systém kontejnerů s vhodnými rozměry a nejlépe snadnou boční vykládkou.

Při tvorbě rozvojových koncepcí a plánů na úrovni krajů je nutné systematictěji podporovat výraznější podíl ekologicky šetrných druhů dopravy v rámci regionu. Budování komplexních integrovaných dopravních systémů ve městech a jejich okolí s výraznějším uplatněním kolejové dopravy, vč. příměstské železnice jako environmentálně šetrnějšího druhu veřejné dopravy odlehčí osobní automobilové dopravě a jejím kongescím. K systému patří podpora kombinovaného systému individuální a veřejné dopravy (systém park-and-ride), doplněný regulací parkování a přístupu osobních automobilů do center měst.

Při modernizaci silniční sítě je potřebné využívat především stávající silnice, popř. jejich koridory a omezit tím další fragmentaci krajiny novými trasami a nesnižovat dále průchodnost krajiny pro živočichy.

Je potřeba podporovat vhodná technická a infrastrukturní opatření jako jsou silniční obchvaty měst, protihlukové bariéry podél silnic i železničních tratí vedoucí k minimalizaci zdravotních rizik a negativních vlivů na životní prostředí působených nadměrným zatížením sídel hlukem a emisemi škodlivých látek z pozemní dopravy.

Omezovat dopravní hlučnost lze provést i snadnými opatřeními, jako je snižování povolené rychlosti a zklidňování dopravy, která vedou zároveň k zásadnímu snížení úmrtí a nehodovosti na silnicích. Výchova k environmentálnímu způsobu řízení vozidel (ekodrivingu) vede řidiče k přirozenějšímu stavu využívat vozidlo při bezpečnější nižší rychlosti, k úspoře deseti až dvaceti procent energie, a tím i k úspoře nákladů za dopravu, ke snížení hlučnosti a emisí. Mezi náročnější protihluková opatření patří zlepšování kvality povrchů komunikací, změna desénu

pneumatik při zachování jejich adheze, odhlučnění tramvají a tramvajových svršků, kolejových vozidel a leteckého provozu.

Proti poškozování ozónové vrstvy je potřeba vyloučit použití látek poškozujících ozónovou vrstvu v klimatizacích automobilů. K ochraně neobnovitelných zdrojů surovin a energie se musí minimalizovat odpady z dopravy s důrazem na jejich opětovné využití.

Zvyšování bezpečnosti při přepravě nebezpečných věcí a látek má vážné opodstatnění pro ochranu občanů a prostředí zejména při haváriích.

Významnou roli hraje povědomí občanů a jejich znalosti o negativních a pozitivních jevech dopravy a proto je potřeba investovat prostředky i do výchovy osvěty a vzdělání v oblasti snižování negativních vlivů dopravy na zdraví a životní prostředí.

Minimalizace odpadů z dopravy

RND. Vlastimila Mikulová
Fakulta lesnická a environmentální ČZU Praha
Kamýcká 1176, 16521 Praha 6 Suchbát
e-mail:mikulova@fle.czu.cz

Abstrakt

The activity of the transport causes a lot of problems to the environment. There are emissions in the air, noise, ecological accidents, soil and water contamination and also wastes which generate not only from the own activity but also from means of transport and their parts. The lecture is focused on the minimalisation of wastes and requirements for selected wastes resulting from strategical documents and legal regulation and measures for their realisation.

1. Úvod

Z hlediska negativních vlivů dopravy na životní prostředí je zejména automobilová doprava významným producentem skleníkového CO₂, ale i dalších emisí – oxidů dusíku a síry, prachu, těžkých látek. Nadměrná automobilová doprava je místy příčinou několikanásobného překračování hlukových limitů, auta zabírají prostor pro život ve městech. Na silnicích umírají ročně stovky lidí a havárie mají často nepříznivé ekologické dopady – kontaminace vod a půdy.

Odpady z dopravy jsou vedeny v rámci zpracování statistického výkazu „Odp 5-01 Roční výkaz o odpadech“ Českého statistického úřadu u vybraných podniků (nad 25 pracovníků) podle vybraných oddílů OKEČ (Odvětvová klasifikace ekonomických činností ČSÚ). Ze zde uváděné celkové produkce odpadů cca 29,5 mil. tun v roce 2004 činil odpad z dopravy 311 tis. tun (oddíl OKEČ 60). Převážně se jedná o odpad kategorie ostatní 253 tis. tun, nebezpečný odpad je v množství 58 tis. tun. Je nutné poznamenat, že se jedná o údaje spíše orientačního charakteru a oddíl 60 OKEČ zahrnuje činnosti spojené s poskytováním osobní nebo nákladní dopravy. Nejsou zahrnuty opravy a úpravy dopravních prostředků a zařízení, výstavba, opravy nebo údržba silnic, kolejí, přístavů, letišť, opravy a údržba motorových vozidel a pronájem dopravních prostředků bez obsluhy.

Tento příspěvek je zaměřen na vybrané odpady související s dopravou, které jsou nezanedbatelným problémem. V Katalogu odpadů jsou uvedeny v několika skupinách odpadů, za významné druhy odpadů můžeme považovat zejména autovraky, oleje, pneumatiky a olovené akumulátory. Rovněž odpad podobný komunálnímu, který je zachycován na parkovištích a u odpočívadel na dálnicích je problémem hygienickým i estetickým. Podle Katalogu odpadů jsou autovraky zařazeny do podskupiny odpadů 16 01 a odpovídající charakteru vzniklých odpadů (např. Oleje – podskupina 13 01 nebo 13 02, Akumulátory – podskupina 16 06, Palivo (benzin, nafta) – podskupina 13 07, Odpady z drcení autovraku – podskupina 19 10).

Požadavky a povinnosti při nakládání s těmito odpady, jsou začleněny do zákona o odpadech i do strategických dokumentů. Podstatný je základní přístup k řešení, který vychází i z principu odpovědnosti výrobce. Princip rozšířené

odpovědnosti zahrnuje povinnost zpětného odběru. Ten je v ČR realizován např. zavedením povinnosti zpětného odběru na obaly a vybrané výrobky.

2. Strategické cíle

Zdravé a vyvážené přírodní systémy a dosažení takové kvality životního prostředí, kde úroveň znečištění způsobené činností člověka nevyvolá negativní dopad na lidské zdraví a estetiku prostředí, je předpokladem dlouhodobé prosperity a kvality života. Tyto cíle jsou součástí strategie pro trvale udržitelný rozvoj a priorit politiky životního prostředí

Vytváření ekologické politiky v Evropské unii je prioritně založené na účasti dotčených subjektů a na stavu poznání. Priority jsou obsaženy v základním dokumentu Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady, kterým se stanoví *Akční program pro životní prostředí na léta 2001-2010 (6. akční plán)*. Zde jsou obsaženy Prioritní oblasti akcí k trvale udržitelnému využívání přírodních zdrojů a hospodaření s odpady:

1. Vypracovat specifickou strategii trvale udržitelného využívání zdrojů:
 - prozkoumání možností zavedení programů "nejlepších dostupných postupů" pro podnikatelskou sféru;
 - vymezení potřeb dalšího výzkumu;
 - ekonomické nástroje;
 - škrtnutí subvencí podporujících nadměrné užívání neobnovitelných zdrojů;
 - zahrnutí zřetelů racionálního využívání zdrojů do koncepce integrované výrobní politiky (systém podpor a omezení).
2. Zamezování vzniku odpadů : tzn. integrace cílů a priorit zamezování vzniku odpadů do koncepce integrované výrobní politiky.
3. Revize legislativy v oblasti čistírenských kalů.
4. Doporučení pro nakládání s odpadem ze staveb a demolic.
5. Legislativa o biologicky rozložitelných odpadech.
6. Specifická strategie recyklace odpadů včetně opatření zaměřených na sběr a recyklaci u prioritních toků odpadů.

Tematická strategie pro předcházení vzniku odpadů a jejich recyklaci byla zpracována a Evropskou komisí zveřejněna koncem roku 2005 a je na podzim 2006 projednávána v Radě EU a Evropském parlamentu. Zavádí pro předcházení vzniku odpadů a jejich recyklaci nový přístup k odpadové politice a nejefektivnější kombinace opatření a cílů nezbytných k propagaci udržitelnějšího odpadového hospodářství. Uvádí zásadní důvody pro uskutečnění revize směrnice 75/442/EHS o odpadech. Hlavní změny směrnice o odpadech:

- zavedení environmentálního cíle
- vysvětlení pojmů využití a odstraňování
- vysvětlení podmínek pro směšování nebezpečných odpadů
- zavedení postupu objasnění toho, kdy v případě vybraných toků odpadů přestává být odpad odpadem
- zavedení minimálních norem nebo postupů pro stanovení minimálních norem platných pro řadu způsobů nakládání s odpadem
- zavedení požadavku na rozvoj vnitrostátních programů předcházení vzniku odpadů.

Revidovaná směrnice o odpadech má konkrétní environmentální cíl se zaměřením na ochranu životního prostředí a zdraví lidí před potenciálně škodlivými vlivy vzniku odpadů a nakládání s nimi a to s ohledem na životní cyklus zdrojů. Další důležitou součástí této strategické změny je přechod na postup více založený na normách v řadě oborů prostřednictvím zavedení minimálních norem,

jasných definic využití odpadů a kritérii odstraňování odpadů. Je snaha zjednodušit platný právní rámec, např. jde o zrušení směrnice 75/439/EHS o nakládání s odpadními oleji a k integraci směrnice 91/689/EHS o nebezpečných odpadech do směrnice o odpadech. Dosavadní Směrnice o nakládání s odpadními oleji upřednostňuje regeneraci odpadních olejů oproti jiným možnostem využití, což však není ekologicky nejefektivnější, úsilí je třeba zaměřit na sběr odpadních olejů. V revidované Směrnici o odpadech je znění „hierarchie odpadů“ modernizováno, návrhem zavést pětistupňovou hierarchii nakládání s odpady - prevence vzniku odpadů, opětovné využívání odpadů, recyklace, energetické využívání a odstraňování odpadů

2.1. Předcházení vzniku odpadů

Na základě požadavků 6. Akčního programu ES budou postupně stanoveny kvantitativní a kvalitativní cíle omezení všech relevantních odpadů v horizontu roku 2010. Předcházení vzniku odpadů je součástí revidované Směrnice o odpadech, která má za cíl zlepšit způsob předcházení vzniku odpadů v členských státech a podporu rozšiřování nejlepší praxe v této oblasti. Podstatné je zaměřit se na klíčové vlivy na životní prostředí s ohledem na celou dobu životnosti výrobku, resp. odpadu. Stanovené cíle a opatření by se měly snažit přerušit závislost mezi hospodářským růstem a environmentálními dopady vyplývající ze vzniku odpadů. Návrh Směrnice o odpadech požaduje, aby členské státy vypracovaly programy předcházení vzniku odpadů a stanovily podmínky rozvoje těchto programů. Tyto plány jsou buď součástí plánů nakládání s odpady, nebo budou fungovat jako samostatné programy. V uvedených programech stanoví členské státy cíle předcházení vzniku odpadů a zhodnotí možnosti přijetí opatření.

Státní politika životního prostředí ČR (aktualizovaná v roce 2004) obsahuje opatření k dosažení dílčích cílů a pro oblast odpadů je klíčová kapitola 2.4. « Snižování energetické a materiálové náročnosti výroby a zvýšení materiálového a energetického využití odpadů » a v kapitola 2.5. Odpovědné nakládání s nebezpečnými odpady.

Pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany zdraví člověka a udržitelného rozvoje jsou určeny zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dále zákonem č. 477/2001 Sb., o obalech, ve znění pozdějších předpisů. Řada prováděcích předpisů definuje vybrané toky odpadů a transformuje evropský katalog odpadů.

3. Opatření Plánu odpadového hospodářství ČR

Plán odpadového hospodářství se zpracovává za účelem vytváření podmínek pro předcházení vzniku odpadů a nakládání s nimi podle zákona o odpadech.

Strategické cíle odpadového hospodářství:

- a) Zajistit, aby odpadové hospodářství České republiky odpovídalo principům udržitelného rozvoje.
- b) Snížit v celkovém měřítku objem produkovaných odpadů a přerušit závislost mezi produkcí odpadů a ekonomickým růstem.
- c) Zajistit maximální využití odpadů jako náhrady primárních surovin a tím přispět k udržitelnému hospodaření s přírodními zdroji.

POH ČR je zpracován pro období 10 let, tzn. že zahrnuje období let 2003 až 2012 s tím, že podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, změněn bude bezprostředně po každé zásadní změně podmínek, na jejichž základě byl vypracován

Narižením vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky (POH ČR) byla zveřejněna závazná část, kde se dále konkretizuje cíl pro oblast separovaného sběru a materiálového využití vybraných spotřebních odpadů. Z významných odpadů (v souvislosti s dopravou) jsou stanoveny následující cíle:

- Zajistit využití 38 % hmotnostních z ročního množství olejů uvedeného na trh do roku 2006 a 50 % hmotnostních z ročního množství uvedeného na trh do roku 2012 a zvyšovat množství zpětně odebraných odpadních olejů. Odpadní oleje nevhodné k materiálovému využití přednostně upravovat na paliva.
- Zajistit do roku 2005/2012 sběr a materiálové využití 85/95 % hmotnostních z celkového množství olovených akumulátorů uvedených na trh.
- Zpracovat Realizační program ČR pro nakládání s autovraky, vzniklých z vozidel kategorie M1 a N1 a tříkolových motorových vozidel s výjimkou motorových tříkolek, k dosažení cílů:
- Pro vozidla vyrobená po 1. lednu 1980 nejpozději od 1. ledna 2006 opětovně použít a využít nejméně v míře 85 % průměrné hmotnosti všech autovraků převzatých za kalendářní rok a opětovně použít a materiálově využít v míře nejméně 80 % průměrné hmotnosti všech autovraků převzatých za kalendářní rok.
- Pro vozidla vyrobená před 1. lednem 1980 je míra opětovného použití a využití stanovena na 75 % a míra opětovného použití a materiálového využití na 70 % průměrné hmotnosti všech autovraků převzatých za kalendářní rok.
- nejpozději od 1. 1. 2015 opětovně použít a využít nejméně v míře 95 % průměrné hmotnosti všech autovraků převzatých za kalendářní rok a opětovně použít a materiálově využít v míře nejméně 85 % průměrné hmotnosti všech autovraků převzatých za kalendářní rok

3.1. Opatření z realizačních programů

Pro specifické skupiny odpadů se v POH ČR stanovilo zpracování realizačních programů České republiky (RP) pro skupiny odpadů, u kterých vzhledem k jejich negativnímu vlivu na zdraví lidí a životní prostředí nebo k jejich možnému využití jako náhrady primárních přírodních zdrojů je nezbytné stanovit systémy pro nakládání s nimi, které budou v souladu s principy udržitelného rozvoje. Celkem bylo v období 2003- 2006 vypracováno 22 situačních zpráv realizačních programů POH ČR. Jedná rovněž o:

- Realizační program ČR pro oleje
- Realizační program ČR pro baterie a akumulátory
- Realizační program ČR pro pneumatiky
- Realizační program POH ČR pro autovraky.

Na základě těchto podkladů a předběžné diskuse a projednání s dotčenými resorty, byl připraven soubor opatření k naplnění cílů POH ČR a postupně předkládán ke schválení vládě.

Opatření a návrhy, vyplývající z 1. etapy zpracování RP POH ČR, jsou zahrnuty do usnesení vlády č.18 ze dne 5. ledna 2005. Z RP pro autovraky byly schváleny návrhy opatření k vytvoření systému pro nakládání s autovraky a k dopracování nástrojů pro plnění povinností z něho vyplývajících, která podpoří dosažení cílů POH ČR. V rámci řešení projektu VaV/720/7/01 Oborový manuál pro prevenci a minimalizaci odpadu byl vypracován obecný manuál k aplikaci postupů minimalizace odpadu a byly analyzovány možnosti zvýšené recyklace vybraných druhů odpadů z autovraků. V programu SFŽP ČR byl založen program na podporu nakládání s autovraky.

Opatření a návrhy, vyplývající z 2. etapy zpracování RP POH ČR jsou v usnesení vlády č. 1621 ze dne 14. prosince 2005. Následně jsou uváděna opatření týkající se odpadních olejů, olověných akumulátorů a pneumatik:

Realizační program pro odpadní oleje

- Iniciovat přípravu návrhu novely normy ČSN 65 6691 Ropné výrobky, Topné oleje na bázi odpadních olejů – Technické požadavky a metody zkoušení, s cílem doplnit ustanovení jednoznačně formulující povinnost tepelně upravit, resp. přepracovat upotřebené odpadní oleje destilací, před jejich materiálovým využitím či před využitím jako topné oleje.
- Podporovat vznik dobrovolných dohod mezi rozhodujícími producenty výrobků obsahujících mazací oleje a příslušnými resorty, v jejichž kompetenci k významné spotřebě mazacích olejů dochází, a to o návratnosti určitého podílu upotřebených odpadních olejů.
- Vypracovat návrh novely zákona a vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění, o ustanovení konkretizující práva a povinnosti „oprávněných osob“ v členění na osoby, které pouze sbírají upotřebené odpadní oleje a technicky nejsou vybaveny na rozsah povinných kontrol kvality upotřebených odpadních olejů (např. sběrná místa I. stupně) a předávají je k dalším úpravám skupině „oprávněných osob“, které s upotřebenými odpadními oleji dále nakládají a jsou technicky vybaveny k činnostem vyplývajícím z citované vyhlášky (např. sběrná místa II. stupně). Revidovat a aktualizovat přílohu č. 13 a č. 14 vyhlášky. Současně připravit výklad pojmů a zohlednit problematiku ochrany zdraví a životního prostředí.
- Podpořit vypracování studie proveditelnosti, řešící přijatelnost ekonomické podpory sběru a dalšího odpovědného nakládání s upotřebenými odpadními oleji s cílem ověřit možnosti výstavby výrobní jednotky k materiálovému příp. energetickému využití upotřebených odpadních olejů.

Realizační program pro baterie a akumulátory

- Zajistit soulad cílů POH ČR se Směrnicí EU (do 2 let od schválení nové směrnice EU k bateriím)
- Důsledně kontrolovat zákaz výroby a uvádění na trh baterií s obsahem rtuti, prověřit nakládání s NiCd akumulátory
- Připravit návrh revize právní úpravy problematiky zpětného odběru (nejpozději do 2 let od přijetí novelizované směrnice EU k bateriím)
- Koordinovat problematiku baterií, elektroodpadu a vozidel s ukončenou životností. (dohoda sdružujících organizací do 31. 12. 2006, legislativní úprava do 2 let od novelizace směrnice EU k bateriím).
- Ověřit nástroje pro zvýšení účinnosti sběru přenosných baterií

Realizační program pro pneumatiky

- Projednat možnost změny bezpečnostní hloubky dezénové drážky pneumatik.

4. Závěr

Minimalizace odpadů, jejíž cílem je cílem snížit množství nevyužívaných odpadů, má dopad nejen na životní prostředí, ale také na ekonomiku podniku, resp. zařízení nevýrobního charakteru, jako jsou služby, školy, nemocnice, úřady, armáda aj. Povinnost předcházet produkci odpadů v souladu se směrnicí Rady 75/442/EHS z 15. července 1975 o odpadech (která je v současné době revidována) je jedním z aspektů, které je třeba vzít v úvahu při definování nejlepších dostupných technik (BAT – Best Available Techniques) v souladu se směrnicí o IPPC, včetně uplatňování nízkoodpadových technologií a používání méně nebezpečných látek. Přijetí konkrétních cílů v prevenci, recyklaci a využití odpadů a účinných nástrojů k jejich dosažení je trvalou nutností. Důležité je sledování plnění stanovených opatření. Ministerstvo životního prostředí každoročně hodnotí plnění stanovených cílů POH ČR a může tak včas korigovat nutná opatření.

Z vyhodnocení plnění cílů POH ČR za rok 2004 vyplývá, že produkce odpadů a nakládání s nimi stále znamenají pro ČR environmentální, sociální a ekonomický problém. Žádoucí hierarchie nakládání s odpady není v ČR plně respektována. Přesto z výsledků souhrnného vyhodnocení cílů lze konstatovat, že se zvyšuje využívání odpadů jako náhrady primárních přírodních zdrojů a minimalizují se negativní vlivy na zdraví lidí a životní prostředí při nakládání s odpady. V praxi by však měl být kladen stále větší důraz na uplatnění výrobků z recyklovaných materiálů a ekologicky šetrné výrobky při zadávání zakázek orgány státní správy,

Literatura

- [1] Christianová A, a kol.: "Oborový manuál pro prevenci a minimalizaci odpadu" VÝSTUP 16: Manuál pro malé a střední podniky Projekt VaV/720/7/01 Praha : České centrum čistší produkce, 2004. 50 s.
- [2] Havránková V., Křenek L., První hodnocení plnění nařízení vlády č.197/2003 Sb., o POH ČR za rok 2004. Odpadové fórum č.7-8 2006 str. 12-18
- [3] Sdělení Komise COM(2003)301 final k tématické strategii prevence a recyklace odpadů
- [4] Towards a thematic strategy on the prevention and recycling of waste" OECD Paris :
- [5] Návrh směrnice Evropského parlamentu a Rady o odpadech COM(2005)667 final 2005/0281 (COD)
- [6] Směrnice Rady 75/442/EHS, o odpadech, ve znění směrnice 91/156/EHS a rozhodnutí Komise 96/360/ES
- [7] Směrnice Rady 91/157/EHS, k bateriím a akumulátorům obsahujícím některé nebezpečné látky, doplněná směrnicí Rady 93/86/EHS
- [8] Směrnice Rady 75/439/EHS, o zneškodňování odpadních olejů, ve znění Směrnice Rady 87/101/EHS
- [9] Směrnice Parlamentu a Rady EC 2000/53/EC k vozidlům po ukončení životnosti
- [10] Produkce odpadu ve vybraných odvětvích OKEČ, Český statistický úřad Praha www.czso.cz

Doprava v ekologické výchově

Danuše Kvasničková

Klub ekologické výchovy
ZŠ Pertoldova 3373, 143 00 Praha 4

Český spolek pro péči o ŽP
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

e-mail:d.kvasnickova@volny.cz

Všeobecně se uznává, že vzdělávání a výchova představuje naprosto nezbytný a výchozí předpoklad pro postupné utváření životního stylu příznivého pro udržitelnost rozvoje. Doprava představuje jednu ze základních oblastí, která vyžaduje šíření nezbytných informací v tomto směru i ovlivňování aktivity a celkových postojů – a to směrem k celé populaci.

Škola je jediná instituce, která skutečně může svým působením ovlivnit veškerou mladou generaci, může působit dlouhodobě, na potřebné odborné úrovni a v potřebných směrech – pokud se ovšem podaří především získat učitele, kteří by byli schopni a ochotni se této problematice věnovat.

Současná situace je velmi rozdílná – a jistě je třeba velmi mnohé zlepšovat. Na druhé straně je ovšem možno již uvést celou řadu velmi dobrých předpokladů i zkušeností pro spojování dopravní výchovy s výchovou k odpovědnému vztahu k životu, vlastnímu zdraví, životního prostředí i udržitelného rozvoje.

Především je třeba si uvědomit, že škola již léta zajišťuje *základní dopravní výchovu dětí* – a v základních dokumentech určujících poslání školy a způsoby výuky se s tímto problémem počítá. Téma doprava je zahrnuto v učebnicích, školy mají k dispozici řadu učebních pomůcek, metodických námětů a příkladů a v celé ČR – často právě u škol - jsou dokonce speciální dopravní hřiště, kde děti získávají první velmi důležité dovednosti a návyky chování v různých dopravních situacích. V tomto směru je dopravní výchova chápána jako nezbytný předpoklad bezpečnosti a zachování zdraví.

Daleko menší tradici má zatím druhý aspekt výchovy týkající se dopravy – tj. *aspekt ekologický*, jehož těžiště je v poznávání nežádoucích vlivů zejména silniční dopravy na prostředí, jejich omezování, v uvědomování si zpětných vlivů dopravou ohroženého prostředí na zdraví v jeho komplexním pojetí (tělesné, duševní i sociální), na přírodu, krajinu i na intravilán lidských sídel a jehož cílem je utváření vztahů k dopravě, které by směřovaly k udržitelnosti i v této oblasti.

Je zřejmé, že otázky dopravy mají multidiscipinární charakter – a není možné je např. zvládnout pouze v některém vzdělávacím oboru – v některém předmětu. Je proto velmi důležité, že v již schválených nových rámcových vzdělávacích programech pro základní školy bylo toto téma zařazeno jako jedno z velmi důležitých do tzv. průřezového tématu „environmentální výchova“.

Znamená to, že ve školách má být „ekologické“ problematice (čili udržitelnosti dopravy s ohledem na její vlivy na život v přírodě i na lidské zdraví) věnována pozornost v *různých* vzdělávacích oborech a předmětech podle jejich možností a že zvláštní pozornost má být zaměřena i na *integrované přístupy* - na konkrétní řešení problémových úkolů, uplatňování přiměřeně náročného projektového vyučování v této oblasti.

Uvedu několik příkladů :

O dopravě – jejím rozšíření, typech, o vlivech dopravní sítě na krajinu atd. se žáci mohou dozvědět především v zeměpisu, pokud se týká ochrany organismů a zdraví člověka v biologii, o pohonu dopravních prostředků v chemii a fyzice, o vývoji dopravy v historii v dějepisu, a mohou být podníceni i k úvaze v těchto směrech volbou námětu slohové práce v českém jazyku, mohou spočítat vhodné příklady v matematice, projednat otázky řešení dopravy v daném místě v občanské nauce, mohou vyjádřit své vztahy k dopravě výtvarně apod. Důležité je (a to je požadavek nového přístupu ke vzdělávání preferovaného rámcovými vzdělávacími programy), aby tyto různé možnosti ovlivňování osobnosti žáka byly *koordinovány* spoluprací učitelů a aby byly doplněny i některými netradičními *komplexními formami vyučování* – např. exkurzí, tématickou vycházkou, besedou s odborníkem atd.

Adekvátně věku, mentálnímu vývoji žáků i místním možnostem je možno dokonce na téma dopravy zorganizovat i *projektovou výuku* spojenou např. s pozorováním hustoty dopravy v okolí školy, sledováním hlučnosti a prašnosti prostředí, na vyšších úrovních i s hledáním způsobů zmírnění některých negativních jevů a vlivů dopravy na život a na zdraví..

Důležité je pro takové přístupy připravit náměty pro školy odpovídající potřebám jednotlivých stupňů škol, zajistit potřebnou informovanost učitelů, získat a podnítit jejich zájem.

Klub ekologické výchovy jakožto profesní sdružení škol a pedagogů se snaží přispět k rozšiřování a zkvalitňování vzdělávání pro udržitelný rozvoj – a tedy samozřejmě i v oblasti udržitelné dopravy.

V zájmu rozšíření znalostí učitelů v této oblasti jsme ve spolupráci s Centrem dopravního výzkumu před dvěma lety připravili speciální *metodické pokyny na téma Doprava a životní prostředí* jednak pro základní školy a jednak pro střední školy. V metodických pokynech jsou nejprve odborné informace o dopravě a jejím vztahu k životnímu prostředí na velmi širokém základu – od historie po současné problémy a možnosti řešení dále metodické náměty pro všechny všeobecně vzdělávací předměty – i v návaznosti na připravované rámcové vzdělávací programy pro tyto stupně škol – což je předpokladem pro jejich realizaci v praxi a konečně i příklady pro projektovou výuku.

Kromě toho pořádáme *vzdělávací akce – semináře s exkurzemi* - pro učitele, především přímo ve školách, které jsou členy Klubu ekologické výchovy a které mají co v této oblasti ukázat.

Tak jsme např. zorganizovali speciální seminář na *Střední odborné škole automobilní v Holicích* určený především pro učitele středních škol k seznámení s novými možnostmi pohonu dopravních prostředků, s odpadovým hospodářstvím v této oblasti, řešením organizačním a právním.

Vloni zase seminář pro učitele základních škol v ZŠ *A. Kučery v Ostravě - Hrabůvce*, kde jsme se zabývali právě průřezovým tématem *Doprava a životní prostředí*, seznámili jsme se i s dopravním hřištěm a možnostmi jeho využívání i se zkušenostmi škol v této oblasti.

Před několika dny jsme v Praze pro učitele středních odborných škol zaměřených k dopravě *v rámci projektu pro ESF Ekogramotnost do pražských škol* uspořádali odborný seminář k seznámení s novými trendy v této oblasti, modelováním dopravní situace, s vlivy hlučnosti dopravy atd. Ve všech těchto případech i v přípravě metodik úzce spolupracujeme s Centrem dopravního

výzkumu, které je i členem Klubu ekologické výchovy – vždy tam nalézáme pochopení pro odpovídající typy přednášek.

Kromě toho zařazujeme otázky udržitelné dopravy jako nedílnou součást *specializačního studia* školních koordinátorů ekologického vzdělávání. Všechny tyto akce jsou akreditované MŠMT, takže mohou být učiteli přijímány a škola je na ně může vysílat a účast jim hradit.

Mnohé naše školy již tradičně řeší i přiměřeně obtížné projekty zaměřené k dopravní tematice a podporují samostatné činnosti dětí a mladých lidí v této oblasti. Tak např. ZŠ Skálova ve Turnově několikrát uskutečnila pozorování hustoty dopravy na frekventovaných místech ve městě a seznámila s výsledky i veřejnost, studenti v Holicích vypracovali samostatnou případovou studii o obtížné dopravní situaci ve městě a připravili i návrhy pro místní samosprávu na řešení. Práci pak úspěšně prezentovali v loňském roce na Středoškolské ekologické konferenci v Praze. Podobných příkladů by bylo možno uvádět celou řadu.

Škola samozřejmě mnohdy přispívá i k propagaci *cykloturistiky* - především v rámci nebo v návaznosti na tělesnou výchovu – a řada učitelů i o prázdninách vyrazí se svými žáky tímto způsobem do přírody a k poznávání krás naší krajiny.

V nejbližší době předpokládáme i vyhlášení tématu dopravy v literární a výtvarné soutěži, kterou již tradičně téměř 10 let organizujeme atd. Pro soutěž vždy připravujeme i odborné informace, které chceme zaměřit mimo jiné i k propagaci „čistších“ druhů dopravy – zejména dopravy železniční.

Jsem přesvědčena, že rozmanité možnosti škol, a to jak v rámci působení na děti a mládež, tak i při využívání vlivů školy na veřejnost, a u středních odborných škol rovněž spolupráce s odborníky, nejsou zatím doceněny.

Určitě chceme i nadále pokračovat ve zvyšování odborné a metodické úrovně učitelů, propagovat jejich dobré zkušenosti, podporovat spolupráci škol a mimoškolního prostředí v této oblasti – a také doufáme, že snad někdy nalezneme i podporu škol a takovýchto vzdělávacích aktivit také ze strany dopravy. Zatím však, bohužel, jsou naše aktivity podporovány jen velmi málo – s jedinou výjimkou finančního příspěvku při vydání zmíněných metodik pro základní a střední školy před třemi lety ze strany Ministerstva životního prostředí jsou naše aktivity ať se týkají pedagogů nebo i žáků podporovány výhradně z resortu školství.

Trendy náhrady konvenčních paliv v dopravě

Petr Smékal

Centrum dopravního výzkumu

Líšeňská 33a, 636 00 Brno

e-mail: petr.smekal@cdv.cz

Abstrakt

The article presents current trends in conventional fuels replace by the alternative fuels. The paper is focused on biofuels (bioethanol, biodeisel), compressed natural gas (CNG) and future fuel – hydrogen. Availability of the alternative fuels and they environmental impact in the Czech Republic is described in the article.

1. Úvod

Jedním ze strategických cílů Evropské je přimíchávání alternativních paliv do konvenčních a zavádění vozidel na alternativní paliva. Důvody pro zavádění alternativních paliv jsou: vyčerpání zásob ropy, lepší ekologické parametry těchto paliv, dosažení nižších provozních nákladů, účelné využití nadbytečných zemědělských ploch, snahy o racionální využití odpadů, snaha omezení závislosti na dovozu ropy. Evropská komise pro energii a dopravu zveřejnila scénář rozvoje alternativních paliv v EU do roku 2020. V jeho první fázi je předpokládán rozvoj biopaliv. Ve střednědobém výhledu dojde k rozvoji stlačeného zemního plynu CNG a dále v dlouhodobém výhledu se předpokládá nástup vodíkových technologií.

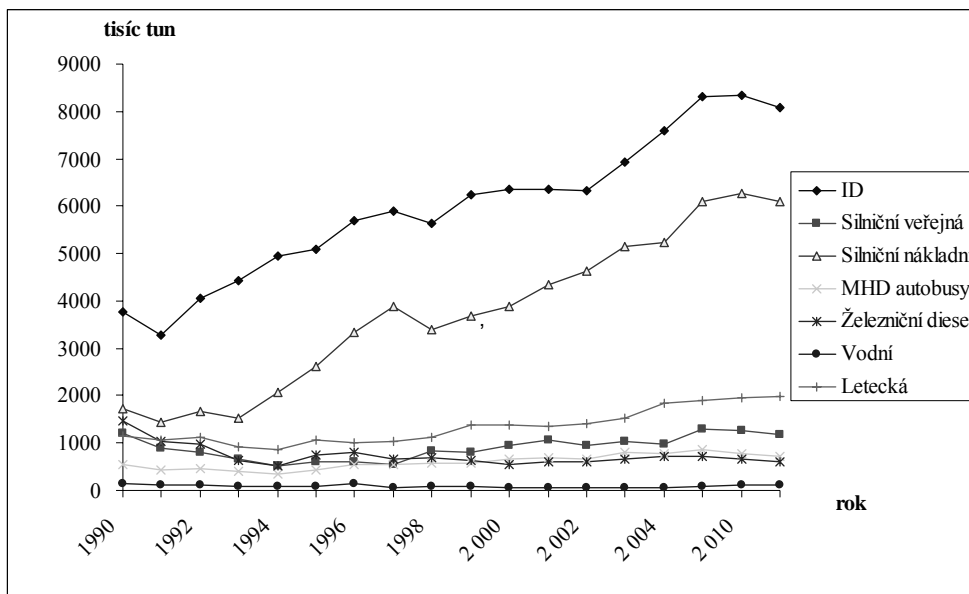
Tab. 1. Scénář rozvoje alternativních paliv v EU do roku 2020

Rok	Biopaliva	CNG	Vodík	Celkem
2005	2			2
2010	6	2		8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

Zdroj: Evropská komise pro energii a dopravu

Významným důvodem zavádění alternativních paliv je jejich nižší vliv na životní prostředí, především globální oteplování, a to zejména biopaliv vlivem jejich příznivé bilanci CO₂, která je způsobena koloběhem uhlíku. Doprava významně přispívá ke klimatické změně a ke znečišťování ovzduší na lokální, regionální i globální úrovni. Přibližně 27 % všech emisí CO₂ v zemích OECD pochází z dopravy, z toho podíl silniční dopravy činí přibližně 80 %. Předpokládaný příspěvek sektoru dopravy k celkovým emisím CO₂ v regionu OECD je odhadován v roce 2020 na 31 % [1]. Od roku 1995 celkové emise CO₂ z dopravy v ČR (10 660 tis. tun) vzrostly v roce 2004 na 17 171 tis. tun. Emise skleníkových plynů z dopravy jsou přímo spojeny s produkcí a spotřebou pohonných hmot. V České republice stoupla spotřeba automobilových benzínů z 1 675 tis. tun v roce 1995 na 2 303 tis. tun v roce 2004 a motorové nafty z 1 335 tis. tun v roce 1995 na 2 302 tis. tun v roce 2004 [2].

Obr. 1. Vývoj a prognóza emisí oxidu uhličitého v dopravě ČR [Zdroj CDV]



Zdroj: CDV

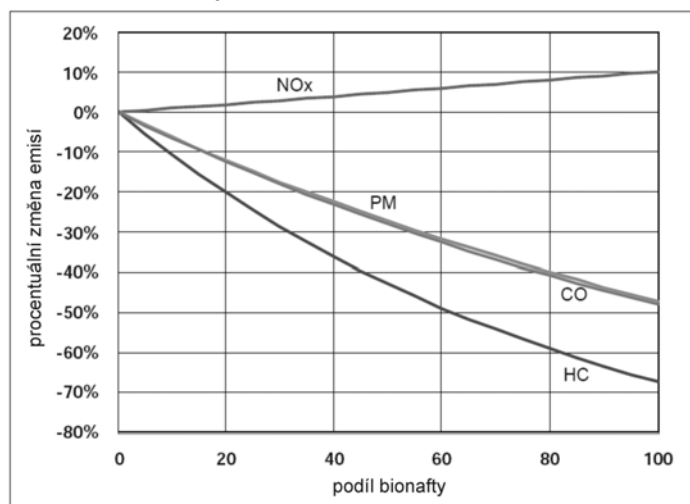
2. Biopaliva

V roce 2005 byla zavedena v České republice legislativní opatření k plnění evropské směrnice 2003/30/ES ze dne 8. května 2003 o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě. V návaznosti na nový zákon 185/2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), bylo vydáno nařízení vlády 66/2005 Sb. o minimálním množství biopaliv nebo jiných paliv z obnovitelných zdrojů v sortimentu motorových benzinů a motorové nafty na trhu České republiky.

2.1. Metylestery mastných kyselin

V České republice je základní surovinou pro výrobu metylesterů mastných kyselin semeno řepky olejné. Z výzkumných studií vyplývá klesající závislost množství emitovaných PM, CO, HC na zvyšujícím se poměru přimíchávané bionafty.

Obr. 2. Závislost množství emitovaných škodlivin na množství přimíchávané bionafty



Zdroj: EPA [3]

Emise NO_x prokazovaly závislost opačnou. Emise vozidel provozovaných na směsné palivo také závisí na druhu suroviny, z které je přimíchávaná bionafta vyrobená (sója, řepka olejná, živočišné tuky). Bionafta na bázi živočišných olejů prokazuje nejnižší emise škodlivin. Byla také prokázána statisticky významná závislost emisí nelimitovaných škodlivin na množství přimíchané bionafty, a to acetyldehydu, akroleinu, etylbenzenu, formaldehydu, naftalenu a xylenu.

V současné době není v ČR, až na výjimky, provozován vozový park na palivo 100 % metylesterů mastných kyselin. Při provozu na dané palivo je nutné provést úpravy motorů, které zpravidla výrobci nedoporučují a dochází ke ztrátě záruk výrobce na provozované vozidlo. Bez prováděných úprav motorů lze vozidlo provozovat na směsná paliva s maximálním obsahem 31 % metylesterů mastných kyselin.

2.1. Bioetanol

Nejvýznamnějším přínosem etanolových vozidel je snížení emisí CO₂, způsobené uzavřeným koloběhem uhlíku. Dle společnosti FORD, flexi-fuel technologie mohou vést až k sedmdesátiprocentní redukci celkových emisí CO₂ v porovnání s tradičními benzínovými motory. Flexi-fuel technologie umožňují spalovat v motoru libovolné směsi automobilového benzínu s etanolem v rozsahu 100 % automobilového benzínu až 15 % benzínu + 85 % etanolu. V současnosti jsou vyvíjena a prezentována flexi-fuel vozidla, která umožňují provoz na 100 % etanol. Na trhu ČR je v současnosti dostupný pouze jeden model flexi-fuel vozidla, a to FORD FOCUS Flexi-fuel. V roce 2007 by měla na trh vstoupit společnost SCANIA s lihovým autobusem, jehož výroba a provoz je v současnosti řešena v rámci projektu BEST a ve Stockholmu je v provozu cca 560 takovýchto městských autobusů.

Tab. 2. Srovnání emisí škodlivin etanolového autobusu s motorem DSI9E01 a emisních limitů EURO 4 a EEV

	DSI9E 01	EURO 4 (ESC, ELR)	EEV (ESC, ELR)
CO (g . kWh ⁻¹)	0,04	1,5	1,5
HC (g . kWh ⁻¹)	0,1	0,46	0,25
NOx (g . kWh ⁻¹)	3,3	3,5	2,0
PM (g . kWh ⁻¹)	0,02	0,02	0,02

Zdroj: SCANIA

Avšak spotřeba paliva těchto autobusů je o 70 % až 80 % vyšší než spotřeba motorové nafty a náklady na údržbu jsou vyšší o 50 %. Porovnání pravidelné údržby etanolových a naftových autobusů udává tabulka 3.

Tab. 3. Počet operací prováděných v průběhu nájezdu 60 000 km (přibližně 1 rok) v servisních intervalech po 10 000 km s palivem E95 a motorovou naftou

	E95	NM
Výměna trysek	3	0
Výměna vysokotlakých trubek	1	0
Výměna palivového filtru	6	1
Výměna oleje a olejového filtru	6	3
Celkový počet servisních prohlídek	6	6

Zdroj: Matějovský [4]

3. Stlačený zemní plyn CNG

Jedním z nejrozšířenějších alternativních paliv v ČR je stlačený zemní plyn (CNG). V současnosti je na našem území vybudováno 11 veřejných plnicích CNG stanic a mezi automobilky nabízející CNG modely vozidel patří společnosti Fiat, Citroen, Opel. V oblasti těžké dopravy jsou v ČR tři výrobci CNG autobusů: Ekobus, Karosa, Tedom, a dále jsou nabízeny CNG modely autobusů Mercedes a Solaris.

Tab. 4. Počet CNG vozidel v ČR

Druh vozidla	2004	2005
Osobní	180	280
Užitkové/nákladní	10	20
Atobus	110	165

Zdroj: ČPS

Vozidla na zemní plyn mají v porovnání s vozidly na konvenční paliva, menší vliv na životní prostředí, a to zejména v emisích NO_x , CO a PM. Při porovnání emisí autobusů se všemi dostupnými technologiemi spalování a úpravy spalin (naftový motor, naftový motor s oxidačním katalyzátorem, naftový motor s oxidačním katalyzátorem a zachycovačem částic, CNG motor s oxidačním katalyzátorem, CNG motor s trojcestným katalyzátorem, CNG motor se stechiometrickým spalováním s trojcestným katalyzátorem) je zátěž životního prostředí nižší při provozu vozidel na CNG (Tab. 5). [5].

Tab. 5. Porovnání emisí naftových a CNG autobusů

	NO_x ($\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$)	NO_2 ($\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$)	PM ($\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$)	Formaldehyd ($\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$)	Benzen ($\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$)	PAH ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)
EURO III	8	0,1	0,17	37	3	613
EURO III OC	8,5	0,3	0,12	16	1	427
EURO III CRT	9	0,08	0,02	5	1	94
LB CNG OC	7	0,3	0,01	6	0	8
SM CNG	2	0,05	0,005	0,1	0	7
EURO III.....naftový motor EURO III						
EURO III OC.....naftový motor EURO III s oxidačním katalyzátorem						
EURO III CRT.....naftový motor EURO III s oxidačním katalyzátorem a zachycovačem částic						
LB CNG OC.....CNG motor s oxidačním katalyzátorem, chudé spalování						
SM CNG.....CNG motor se stechiometrickým spalováním s trojcestným katalyzátorem						

Zdroj: VTT [5]

4. Vodík

Vodík je považován za palivo budoucnosti a ve světě je mu v současné době věnována výrazná pozornost. V současnosti se ve světě vyrábí přes 50 milionů tun vodíku s předpokládaným nárůstem během příštích několika let o 6 % až 10 % ročně. Pro získání vodíku lze využívat následující technologie:

- parní reforming,
- parciální oxidace ropných frakcí,
- zplyňování uhlí,
- izolace z rafinérských plynů,
- elektrolýza vody.

Velký zájem o vodíkové technologie projevuje společnost Linde AG. Pro tuto společnost byla zkoncipována studie zabývající se vytvořením sítě vodíkových plnicích stanic v Evropě [6]. Ze studie (tabulka 6) vyplývá, že náklady na vytvoření

sítě vodíkových čerpacích stanic budou nižší než byly původně míněny. Celkové náklady na vytvoření této sítě jsou odhadovány v rozmezí 2,5 až 5 miliard eur do roku 2020 a do roku 2030 se odhadované náklady pohybují v rozmezí 8 až 33 miliard eur. Z pohledu ochrany životního prostředí a klimatu bude vodíková ekonomika přinášet výsledky až v dlouhodobém výhledu, kdy bude plyn vyráběn elektrolýzou vody z obnovitelných zdrojů energie, jako jsou vítr, slunce apod. Evropskou unií vypracované scénáře nepředpokládají významný rozsah této technologie výroby až do roku 2030.

Tab. 6. Vyhodnocení tvorby sítě vodíkových stanic v Evropě

Ukazatel	MJ	2020	2030
Počet H2 vozidel	(mil. vozidel)	6,1	41,2
Spotřeba H2	(mil. t)	1,1	7,3
Počet plnicích stanic		2791	18628
Celkové investiční náklady	(mil. €)	3524	18512
Výrobní zařízení	(mil. €)	2305	10216
Doprava	(mil. €)	393	2294
Plnicí stanice	(mil. €)	826	6002

Zdroj: LINDE EG [6]

Ve studii byli porovnávány tři scénáře jejichž strategie předpokládá úspěch:

- Centrální parní reforming – vodík je vyráběn centrálně parním reformingem zemního plynu (dnešní technologie výroby vodíku). Vodík bude zkapalněn a dovážen k čerpacím stanicím.
- Decentralizovaný parní reforming – polovina produkce vodíku bude prováděna centrálním parním reformingem (první scénář), druhou polovinu produkce budou zajišťovat malé parní reformátory přímo v místě plnicí stanice.
- Decentralizovaná elektrolýza – zde bude také polovina objemu vodíku vyráběna centralizovaným parním reformingem a druhá polovina produkce plynu bude zajišťována decentralizovanou elektrolýzou vody.

5. Závěr

V článku byl proveden výčet alternativních paliv, jejich dostupnost v ČR a vliv na životní prostředí. Vzhledem k současnému stavu v této oblasti nelze odhadnout, které z uvedených paliv zaujme nejvýznamnější pozici na trhu v ČR.

Literatura

- [1] *Environmentální výhled OECD*. OECD, Ministerstvo životního prostředí, Praha 2002
- [2] *Ročenka dopravy 2004*. Ministerstvo dopravy, Praha 2005
- [3] *A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emission*. Draft Technical Report, United States Environmental Protection Agency, 2004.
- [4] Matějovský, V., Třebický, V., Krajíček, I., Příbyl, J. *Zavádění paliv z obnovitelných zdrojů ve Švédsku*. International symposium Motor Fuels 2006, Tatranské Matliare, Slovensko, s. 625 - 633
- [5] NYLUND, N., at all. *Transit Bus Emission Study: Comparison of Emission from Diesel and Natural Gas Buses*. VTT 2004. Dostupné na internetu: http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/jurelinkit/VTT_Nylund.pdf
- [6] *A hydrogen economy is feasible*. Linde Technology: Reports on Science and Technology, July 2005, s. 10-11

Modelování dopravního proudu na vícepruhové komunikaci

Ing. Marie Dolejší, Ing. Karel Horníček

Ředitelství silnic a dálnic ČR

Praha 4, Čerčanská 12/2023

e-mail: marie.dolejsi@rsd.cz, karel.hornicek@rsd.cz

Abstrakt

Transportation data concerning future traffic load of road and motorway network are very important for processing mathematical models simulating impact of motor transportation on air quality or noise load. In order to be able to describe reality it is not possible to limit inputs to data describing traffic load in terms of only traffic volume and composition. Data about velocity of a traffic flow and its division into particular lanes are no less important. It is often important that RMD CR issue a statement concerning problematic transportation solutions. Therefore a procedure, which proved to be very convenient, for theoretical assessment of these situations was chosen. It concerns use of microsimulation programs of transportation modeling. A calibrated model enables testing alternatives, ie with its help it is possible to predict development under various parameters and to create scenarios of transportation system behavior, which is very hard to detect in a real situation. Such outputs enable strategic planning, projecting and solution of potential or real crisis situations or system bottlenecks, which can be identified by this simulation.

1. Úvod

Problematika ochrany životního prostředí v oblasti silniční dopravy má některé specifické aspekty, které se odvíjejí z nutnosti kombinace dvou zcela odlišných disciplín, a to v oblastech souvisejících jak přímo s ochranou životního prostředí, tak i s naprosto odlišnou odborností dopravního inženýrství. Zejména při zpracování matematických modelů, které simulují vliv automobilové dopravy na kvalitu ovzduší nebo hlukovou expozici jsou klíčem ke kvalitním výsledkům přesná a věrohodná dopravní data o budoucím zatížení komunikační sítě. Pro přesný popis reality se však nelze již nyní omezit pouze na vstupy, které popisují dopravní zatížení pouze intenzitou a skladbou automobilové dopravy. Neméně důležitými daty jsou údaje o rychlosti dopravního proudu, jeho rozdělení v jednotlivých pruzích a podrobném popisu chování dopravního proudu, které označujeme třeba slovy plynulost nebo stupeň saturace.

I když tyto pojmy většina nás řidičů intuitivně chápe, při podrobnějším ponoru do této problematiky přetrvává mnoho mýtů a nedorozumění, která vidíme často přenášet v pravidelných vlnách i do médií. Proto se ŘSD ČR v rámci získávání dat, jejich vyhodnocování a tvoření závěrů často dostává do polohy, kdy je třeba se odborně vyjadřovat k dopravním řešením, které se pohybují na hraně mezi fungováním a kolapsem. Pro teoretické vyhodnocení podobných situací je velmi těžké „lovit kongesce“ nebo situace, kdy stabilní systém přechází do kolapsu. Proto jsme zvolili postup, který se ukazuje jako velmi perspektivní a téměř univerzální prostředek, jak zjišťovat chování detailní dopravního proudu prakticky pro jakoukoliv myslitelnou situaci. Tento postup je následující:

V rámci spolupráce ŘSD ČR, které má k dispozici data získaná automatickými sčítači, s firmou CityPlan spol. s r.o., která disponuje špičkovým softwarem pro modelování dopravních zátěží na silniční a dálniční síti, byla provedena analýza kvality dopravního proudu na dálnici D1 pomocí modelu PTV VISSIM pro mikrosimulaci.

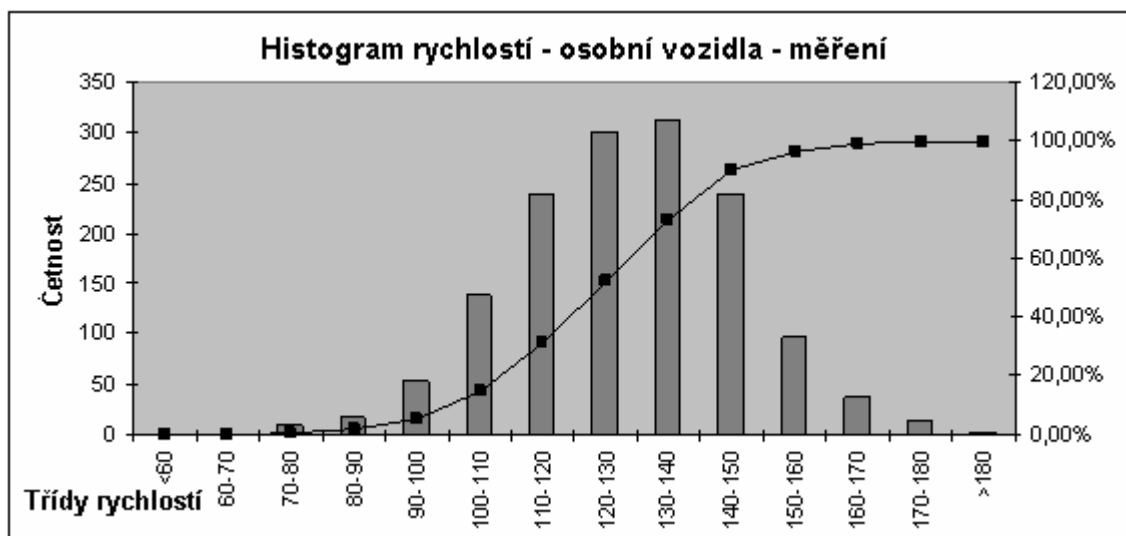
2. Vstupní data

Základní soubor vstupních dat byl převzat z automatického sčítání dopravy na dálnici D1 ze smyčkových klasifikátorů. Pro potřeby kalibrace modelu je nutné získat podrobnější data o dopravním proudu, než jsou běžná vstupní data. Tato data je možno rozdělit na dvě kategorie: data tvořící vstupy do modelu (intenzity) a data potřebná ke kalibraci modelu (individuální rychlosti jednotlivých vozidel a jejich vzájemné odstupy). Obě kategorie reprezentují reálnou situaci a jsou zjišťována empiricky.

3. Kalibrace

Na základě analýzy dat z automatických sčítačů dopravy na dálnici D1 bylo zjištěno, že dochází k poměrně velkému rozptylu požadovaných rychlostí a k nerespektování pravidla řazení se do pomalejšího pruhu v situaci, kdy je tam pro ně prostor a dostatek času. To vede k mnohem vyšším intenzitám v levém pruhu a nízkým intenzitám v pruhu pravém i při nižších intenzitách v celém směrovém pásu.

Graf 1 – Histogram naměřených rychlostí – osobní vozidla (všechny pruhy)



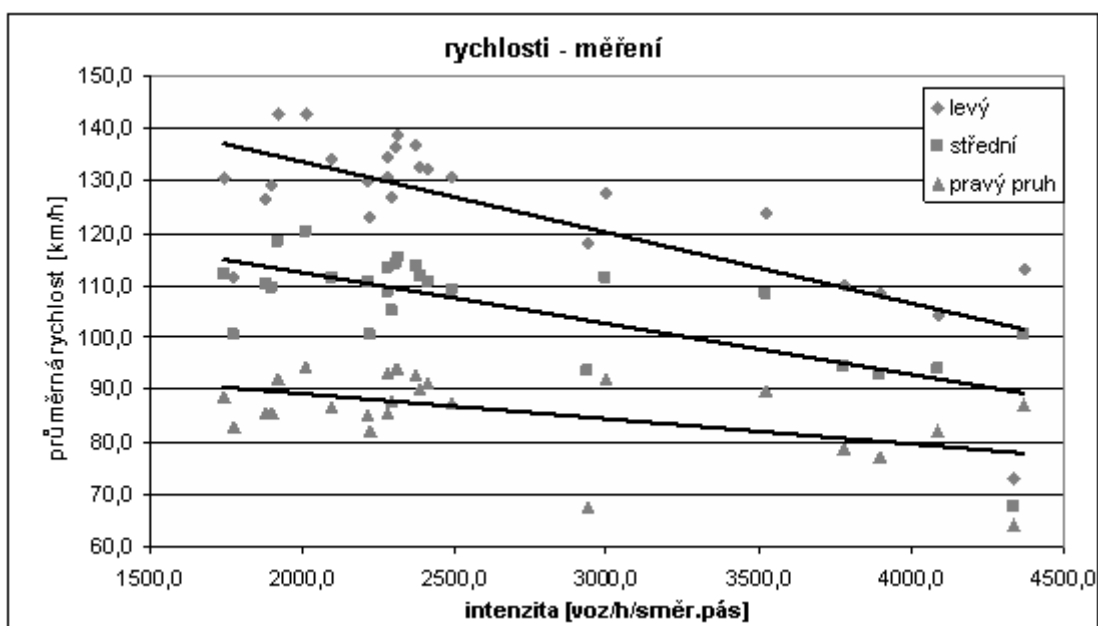
3.1 Distribuce rychlostí

Jednou z důležitých kalibračních charakteristik dopravního proudu v mikrosimulaci je individuální rychlost vozidla v závislosti na intenzitě dopravy. Model programu VISSIM byl nastaven pomocí funkce „desired speed“ neboli požadovaná rychlost. Tato rychlost byla stanovena na základě výstupů z automatických klasifikátorů na dálnici D1 po zpracování do formy histogramů a kumulativních čar jednotlivých rychlostí tak, jak je to uvedeno v grafu 1. Následně byly ověřeny průběhy individuálních rychlostí při různých intenzitách, kde už dochází k diferencím mezi rychlostmi požadovanými a aktuálními, a to právě vzájemnou interakcí vozidel. Za tímto účelem byl dopravní proud na dálnici D1 simulován při

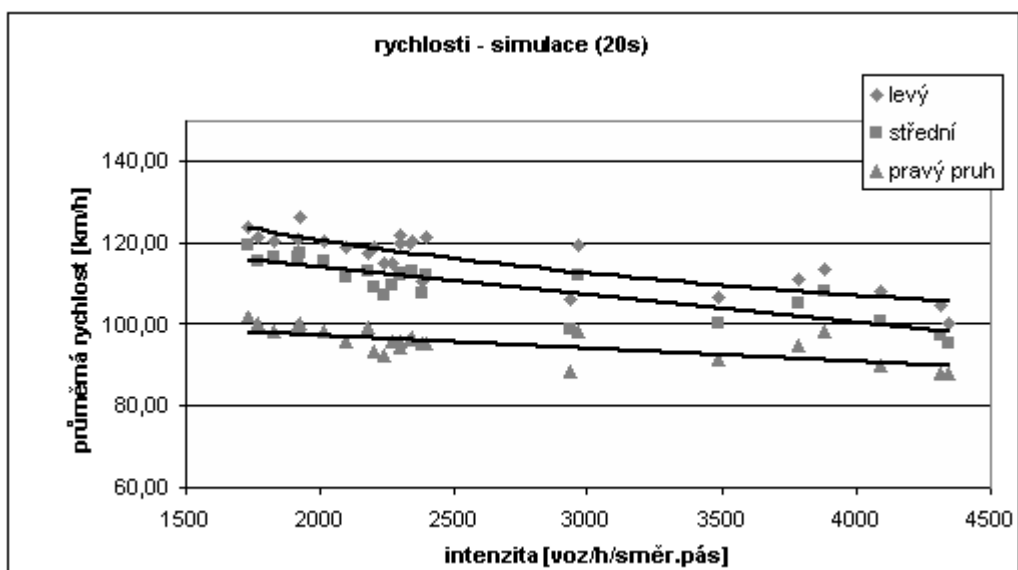
různých hodnotách intenzity. Tyto hodnoty byly porovnávány s empirickými daty z klasifikátorů.

Grafy 2 a 3 dokumentují vztah mezi průměrnou rychlostí vozidel v jednotlivých pruzích a intenzitou dopravy ve směrovém pásu. Z grafu 5 je zřejmé, že rychlost klesá s rostoucí intenzitou, přičemž trend poklesu je nejvýraznější v pruhu levém a naopak nejméně výrazný je v pruhu pravém. Je vidět, že difference mezi průměrnými rychlostmi v jednotlivých pruzích jsou výrazné při nižších intenzitách a klesají s rostoucí intenzitou. Trendové křivky teoreticky konvergují do jednoho bodu. Tato data mají prioritní důležitost především jako vstupní data pro výpočet akustické expozice v okolí vícepruhových komunikací.

Graf 2 – Vztah mezi průměrnou rychlostí vozidel v jednotlivých pruzích a intenzitou směrového pásu na D1 – údaje z automatických sčítačů



Graf 3 – Vztah mezi průměrnou rychlostí vozidel v jednotlivých pruzích a intenzitou směrového pásu na D1 – údaje ze simulace



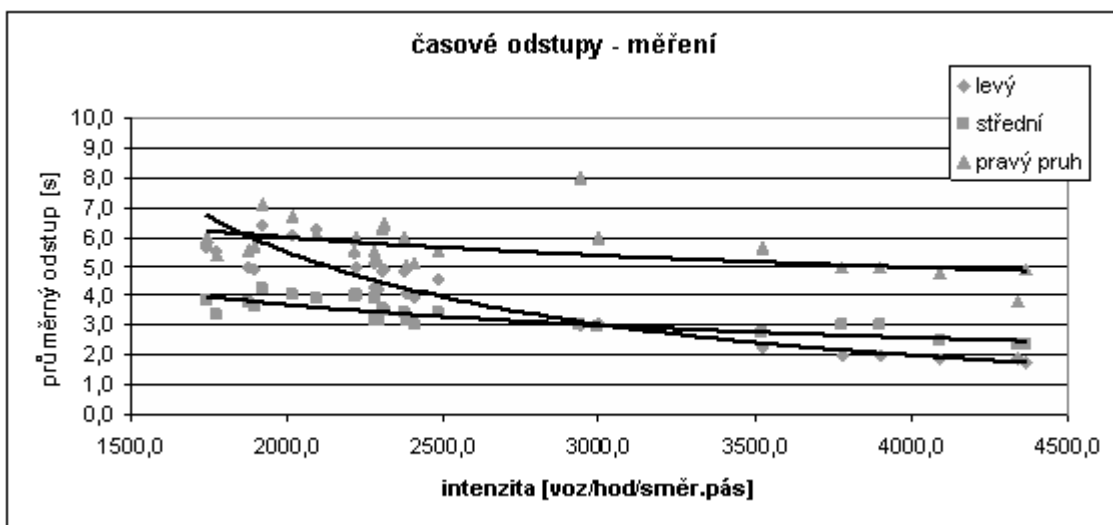
Rozdíly v obou grafech ukazují na určité logické omezení v „pestrosti“ chování jednotlivých řidičů při modelové simulaci. Nelze opominout i to, že celý model je založen na vyhodnocování chování řidičů v SRN. Které se od chování českých řidičů značně liší zejména v simulování kritických situací.

3.2 Odstup vozidel v dopravním proudu

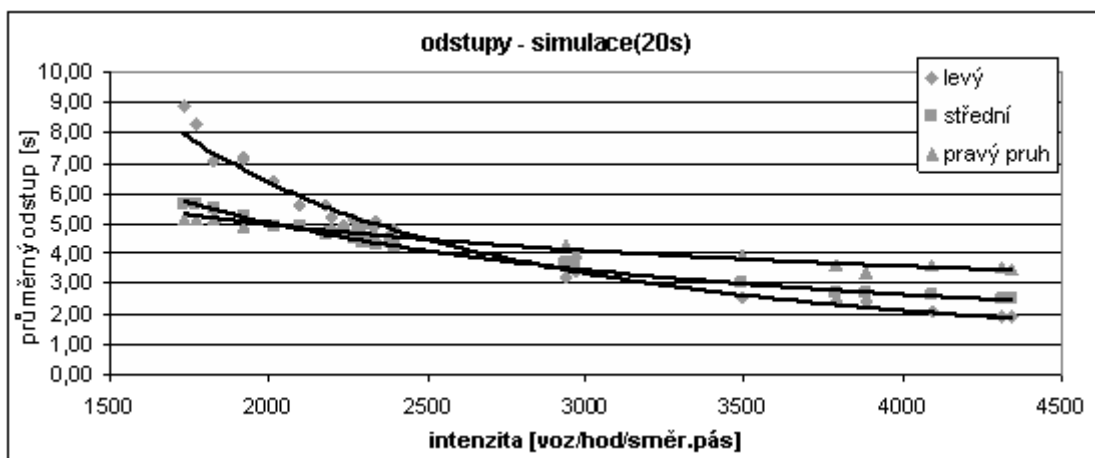
Odstup vozidel v dopravním proudu má zásadní vliv na kapacitu komunikace, proto jeho kalibrace je důležitým krokem na cestě za reálnými výsledky. Ukazuje se samozřejmě, že dodržování bezpečného odstupu vozidel je klíčovým faktorem bezpečnosti provozu. Z tohoto hlediska jsou pro nás získaná data potvrzením předpokladu o nedodržování bezpečného odstupu především u řidičů kamionů. Zde bylo opět postupováno tak, že byly porovnávány individuální odstupy jednotlivých vozidel v reálném dopravním proudu s odstupy naměřenými v simulaci, a to v závislosti na rychlosti.

Grafy 4 a 5 zobrazují průměrné odstupy vozidel v dopravním proudu podle jednotlivých pruhů při měření na D1 a při simulaci tohoto úseku. Opět platí, že simulace vykazuje o něco menší vzájemné rozdíly mezi jednotlivými pruhy, trendové čáry jsou dobře porovnatelné.

Graf 4 – Vztah mezi průměrnými časovými odstupy vozidel na jednotlivých pruzích a intenzitou ve směrovém pásu D1 – údaje z automatických sčítačů



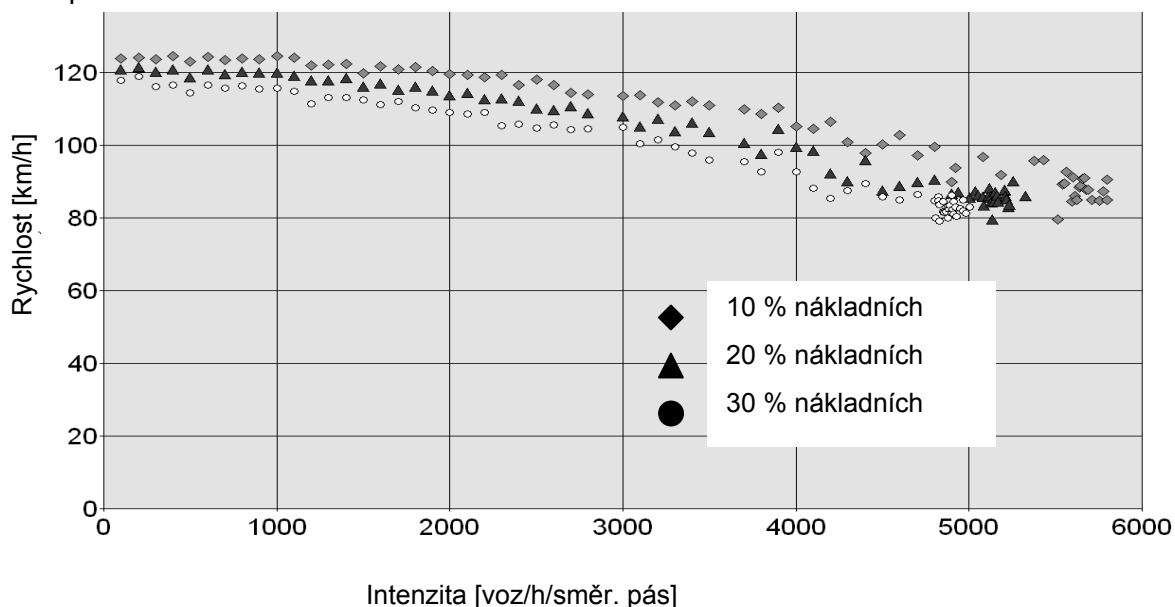
Graf 5 – Vztah mezi průměrnými časovými odstupy vozidel na jednotlivých pruzích a intenzitou ve směrovém pásu D1 – údaje ze simulace



4. Simulace – testování alternativ

Kalibrovaný model umožňuje testování alternativ, to znamená, že s jeho pomocí je možné předpovědět vývoj při různých okrajových podmínkách a vytvářet scénáře chování dopravního systému, které nelze nebo je velmi obtížné naměřit v reálné situaci. Takové výstupy pak umožňují strategické plánování, projektování a řešení potencionálních i aktuálních krizových stavů nebo slabých míst systému, které je možné právě simulací identifikovat. Následující graf 6 dokumentuje simulovaný vztah mezi intenzitou a průměrnou rychlostí dopravního proudu.

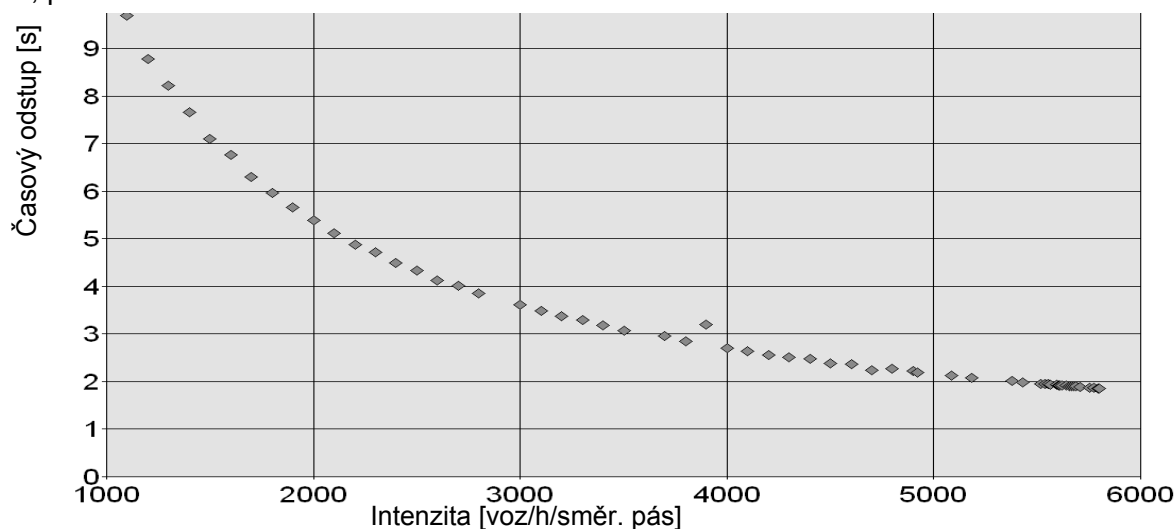
Graf 6 – Simulace – závislost průměrné rychlosti na intenzitě dopravy ve směrovém pásu při různém podílu nákladních vozidel.



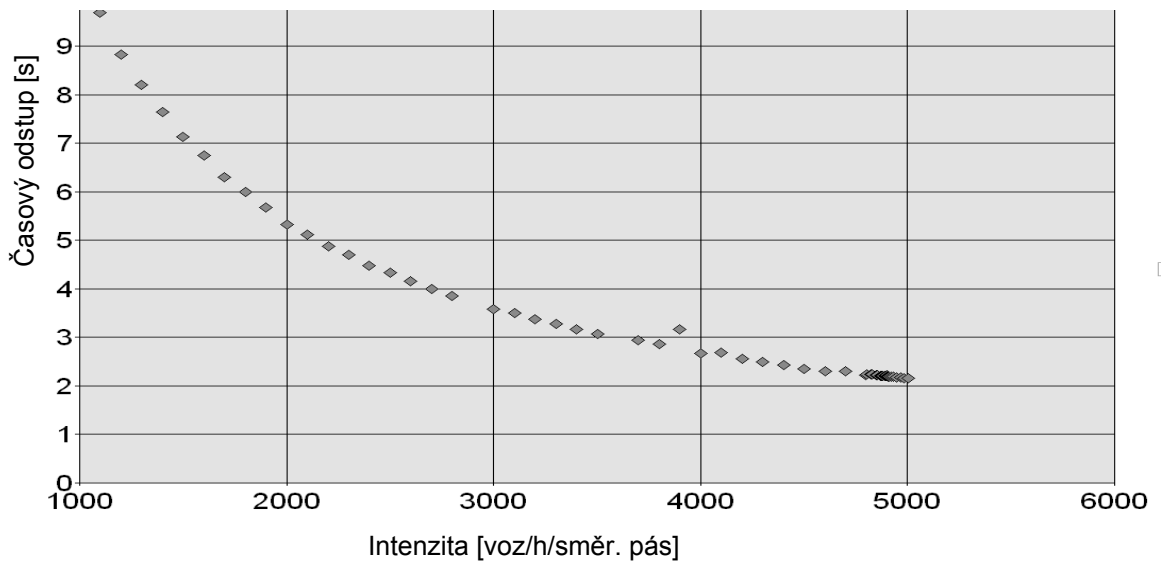
Grafy 7 a 8 dokumentují simulovaný vztah mezi průměrným odstupem vozidel v dopravním proudu a intenzitou dopravy při různém podílu nákladních vozidel. Vyplyvá z nich, že s nárůstem intenzity dochází ke zmenšování odstupů. Rovněž je vidět, že nejnižších odstupů (méně než 2s) je dosahováno při nejnižším podílu

nákladních vozidel, kdy dochází i k nejvyšší intenzitě na komunikaci (kapacitní strop). Oproti teoreticky udávané parabolické křivce, která se po dosažení kapacitního limitu komunikace obrací zpět směrem k nule, udávají výsledky modelů po dosažení kapacity komunikace prakticky kolaps, kdy rychlost dopravního proudu okamžitě padá směrem k nule. Tento stav je pro nás více alarmující, protože staví problematiku flexibility kapacitních limitů do vyhrcořenější podoby. Z hlediska množství emisí přecházíme rychle do režimu „stop and go“ s rychlostí jízdy kolem 5 km/hod, kde množství prakticky všech emitovaných škodlivin vykazuje nejvyšší možné hodnoty.

Graf 7 – Simulace – závislost průměrného časového odstupu na intenzitě ve směrovém pásu, podíl nákladních vozidel 10%.



Graf 8 – Simulace – závislost průměrného časového odstupu vozidel na intenzitě ve směrovém pásu, podíl nákladních vozidel 30%.



Na základě provedené analýzy lze konstatovat, že byla prokázána dostatečná míra aproximace simulačního modelu a relevantnost jeho výsledků, což umožňuje seriózní analýzu i predikci charakteristik dopravního proudu a že komplexnost simulace umožňuje analýzu za různých okrajových podmínek (sklonové poměry, skladba dopravního proudu, omezení dopravy).

Tyto dopravní simulace dokonale ilustrují vzájemnou interakci mezi zcela odlišnými kategoriemi vozidel. Dávají jasné odpovědi na nedávno diskutované otázky jestli zakázat nebo dovolit předjíždění kamionů, co způsobí blokace jednoho pruhu odstaveným vozidlem z hlediska chování dopravního proudu a tím i přeneseně v množství produkovaných emisí nebo vyjádřeno v množství zbytečně ztraceného času řidičů. V těchto výzkumech bude ŘSD ČR dále pokračovat a získané poznatky průběžně implementovat do jednotlivých metodik. Vztahujících se mj. i k ochraně životního prostředí.

Zdravá města, obce a regiony

Antonín Tým

Národní síť Zdravých měst ČR
Šrobárova 48, Praha 10, 100 42
e-mail:tym@nszm.cz

Abstrakt

HCCZ is presently the only association of Czech municipalities that stipulates in its statutes to consistently work towards sustainable development, health, and the quality of living in cities, municipalities and regions of the Czech Republic.

By means of a wide range of services the HCCZ endeavours within the scope of its member municipalities to strengthen the quality of public administration, improvement in quality of the local and regional system of strategic management, improvement of communication with the public, awareness and exchange of good practice examples.

One of the main area of HCCZ interest is urban transport. General meeting, the highest statutory body of HCCZ decided about the course of development to be taken by its members for the next two years 2006-07. Healthy Cities, municipalities and regions reacted by their resolution to the alarming trends in transport and related sectors in the Czech Republic and decided that transport in accordance with principles of Local Agenda 21 or so called "sustainable transport" shall become their common topic. The aim of HCCZ is to encourage the interest of municipalities in safe and more environment-friendly ways of transport, such as public transport, cycling or walking on foot through various raising – awareness – campaigns and long – term programmes. They will also focus on technological solutions, such as traffic calming measures in city centres, parking systems or availability and accessibility of transport to all inhabitants, and a number of other measures.

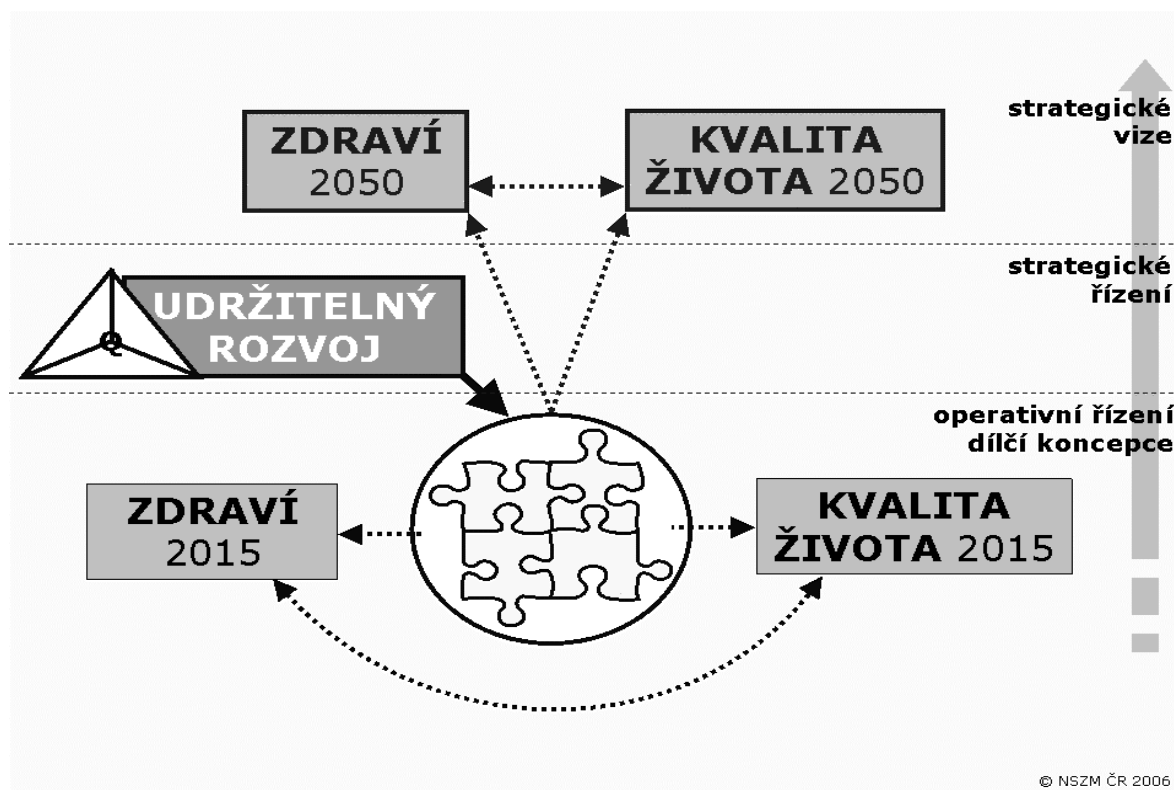
1. Pojmy „Zdravá municipalita“ a Národní síť Zdravých měst ČR

Mezinárodní Projekt Zdravé město (WHO Healthy Cities Project) iniciovala OSN v roce 1988 pod gescí Světové zdravotní organizace (WHO) a přizvala k němu 15 významných evropských metropolí. Během dvou desítek let se do projektu zapojilo 1300 Zdravých měst, obcí a regionů ve 30 evropských zemích. Pojem *Zdravé město, obec, region* v sobě zahrnuje několik aspektů. Základem činnosti Zdravé municipality je snaha o *uplatnění udržitelného rozvoje v rámci veřejné správy – tzv. místní Agenda 21* (viz dále). Důvodem pro tento přístup je závazek municipality zajišťovat podmínky pro *zdraví a kvalitu života* lidí na svém území. Udržitelný rozvoj je základním mezinárodně uznávaným východiskem pro kvalitní manažerský přístup k rozvoji území, se současným sledováním širších souvislostí.

V roce 1994 vytvořilo jedenáct aktivních měst asociaci s názvem *Národní síť Zdravých měst České republiky (NSZM)*. K 1. srpnu 2006 zastřešuje asociace 74 obcí, měst, krajů a mikroregionů, ve kterých žije celkem 24 % obyvatel ČR. Posláním NSZM zakotveným ve stanovách je *propojovat municipalitu a odborné organizace v České republice ke spolupráci v systematické podpoře zdraví a kvality života a k aktivnímu uplatňování udržitelného rozvoje na místní, regionální, národní i mezinárodní úrovni*. Přispívat ke zlepšování kvality veřejné správy uvnitř úřadů na místní a regionální úrovni je cíl, na které NSZM spolupracuje v rámci různých projektů s resorty – zejména Ministerstvem vnitra, Ministerstvem pro místní rozvoj,

Ministerstvem životního prostředí a Ministerstvem zdravotnictví. Neméně důležitým partnerem je Asociace krajů ČR. Z odborných partnerů patří k nejvýznamnějším odborná centra Univerzity Karlovy, resortní odborné organizace, a v neposlední řadě regionální odborní partneři (hygienická služba, ad.).

Obr.1 Poslání NSZM – vazby mezi kvalitou života, udržitelným rozvojem a zdravím



2. Místní Agenda 21: Mezinárodní standard veřejné správy vůči kvalitě života

Zdravé municipality se snaží o uplatnění udržitelného rozvoje do strategických dokumentů, dílčích koncepcí, i každodenního řízení měst, obcí, a regionů. Jde o to transformovat do praxe veřejné správy důležité mezinárodní dokumenty, doporučení, projekty jako jsou Agenda 21 (OSN), Zdraví 21 (OSN-WHO), NEHAP, Aalborgská charta a další. Pro kvalitu místní a regionální veřejné správy je jedním z nejdůležitějších standardů *mezinárodní program místní Agenda 21 (MA21)*.

MA21 je v současné době jednou z oficiálních *metod modernizace veřejné správy* v ČR, která byla uznána a doporučena úřadům obcí, měst a krajů ze strany Ministerstva vnitra. Hlavním přínosem MA21 (jako metody veřejné správy) je široký strategický pohled na dlouhodobé podmínky pro kvalitní život ve správním území a zároveň otevřená komunikace s veřejností. Hlavním sledovaným cílem je *udržitelný rozvoj*, jeho praktické uplatnění v místních či regionálních podmínkách.

Snahou municipality postupující podle pravidel MA21 je postupně *zapojovat veřejnost a místní partnery* jako např. školy, nestátní neziskové organizace, firmy, atd. do spolupráce s radnicí, která v tomto procesu funguje jako určitý hybatel a hlavní garant. V rámci široké diskuse odborníků s dalšími obyvateli si všichni kladou

zdánlivě jednoduché otázky typu: „*Jak si představujete svoje Zdravé město?*“ „*Co potřebujete pro své zdraví a kvalitní život?*“ „*Co si myslíte, že by pomohlo ze strany města a jím vytvářených podmínek k tomu, abyste byli zdravější a spokojenější?*“ „*Jak můžete k tomu přispět Vy a Vaše organizace?*“ A také otázku nejtěžší: „*Je do budoucna tento náš rozvoj udržitelný – kde jsou limity a širší souvislosti?*“ Velice oblíbenou a pragmatickou součástí veřejných setkání je zjištění, v jakém stavu je *zásobník projektů* pro získávání finančních zdrojů a možnost organizace či obce přijít s vlastním s projektem nebo aktivně spolupracovat na některém ze stávajících projektů („*místní partnerství*“ v projektech).

Zapojování veřejnosti je ovšem pouze prvním ze hlavních stavebních kamenů Zdravého města. Dlouhodobý rozvoj města, obce či regionu je možné stavět na názorech veřejnosti pouze v případě, že byl zohledněn udržitelný rozvoj a další požadavky kvality. Ke slovu ve Zdravém městě, obci či regionu proto přicházejí odborné týmy (do kterých by měla být zapojena místní odborná veřejnost). V rámci *expertního plánování* berou odborné týmy v potaz názory veřejnosti (většinou byli tito odborníci též účastní veřejných diskusí), ale vycházejí zejména z limitů území a ze snahy o rovnováhu pilířů rozvoje (ekonomika, sociální, životní prostředí).

Pro přehledný popis strategických cílů a klíčových faktorů rozvoje (vč. sledování udržitelnosti rozvoje) je v každé strategii nezbytné využívat indikátory. Nejedná se pouze o sledování plnění cílového stavu, ale také o možnost posuzovat efektivitu vložených prostředků do řešení cílů. V neposlední řadě umožňuje používání indikátorů vzájemné poměrování a hledání dobré praxe – „*benchmarking*“. Situace v rámci sítě Zdravých měst, obcí a regionů, která disponuje společným informačním systémem DataPlán NSZM (viz dále), je pro realizaci benchmarkingu velice výhodná.

Skutečná kvalita strategie se však pozná teprve při jejím zavedení do činnosti města a úřadu. V moderních manažerských metodách ve veřejné správě, jakými je například „*Balanced Scorecard*“ (tato metoda je zaváděna již v několika Zdravých městech a krajích), slouží sada indikátorů jako možnost doladění realizačního systému strategie na úroveň všech organizačních jednotek a dokonce do činnosti jednotlivých pracovníků. Informační systém DataPlán NSZM zde poté funguje jako levný, uživatelsky příjemný a transparentní způsob sledování realizace strategie a jednotlivých projektů – ze strany vedení municipality a úřadu, jednotlivých odborů, partnerských subjektů „*místního partnerství*“ i ze strany veřejnosti.

3. Pomoc NSZM pro členy k dosažení mezinárodních standardů a finančních zdrojů

Bez pragmatické koncovky *získávání finančních zdrojů* by všechny skvělé záměry podpory zdraví a kvality života i cesta k udržitelnému rozvoji zůstaly pouze na papíře, v šuplíku. Je přirozené, že je na tyto aktivity třeba nemalé finanční prostředky.

Za příklady dobrého postupu lze považovat Kraj Vysočina a na místní úrovni Zdravé město Vsetín, kde jsou zatím nejdále v uplatňování systémového přístupu podle místní Agendy 21 s praktickou koncovkou kvalitních projektů. Při žádostech o finance je výhodou mít dokumentováno, jakým způsobem se veřejnost na tvorbě projektů podílela – doporučuje se tzv. „*místní partnerství*“ pro vyhledávání a přípravu projektů (v tomto je nejvíce zkušeností právě v Kraji Vysočina).

4. DataPlán NSZM: Informační systém pro kvalitní strategické řízení municipalit

Aby byla Zdravá města, obce a regiony schopny celostního pohledu, který udržitelný rozvoj a strategický přístup vyžaduje, zavádí NSZM v současnosti ve vybraných municipalitách internetový informační systém s názvem *DataPlán NSZM*. Slouží jako prostředí, ve kterém lze přehledně pracovat s veškerou strategickou dokumentací obcí, měst a regionů. Zde se setkávají informace o veškerých aktivitách, včetně jejich finančních nákladů. Informace je potom rovněž možné propojit vertikálně s vyššími úrovněmi – regionem, krajem, ideálně s celou ČR. Sledovány jsou též souvislosti s mezinárodními dokumenty – Agenda 21, Zdraví 21 či Strategie udržitelného rozvoje EU.

Z manažerského pohledu je DataPlán NSZM (ve spojení s dalšími informačními službami a vzděláváním) důležitým krokem k podpoře „*znalostního managementu*“ v úřadech měst, obcí a krajů. Tento moderní přístup v rámci veřejné správy se do budoucna jeví jako nezbytný, zvláště pokud sledujeme jako svůj cíl uplatňování udržitelného rozvoje.

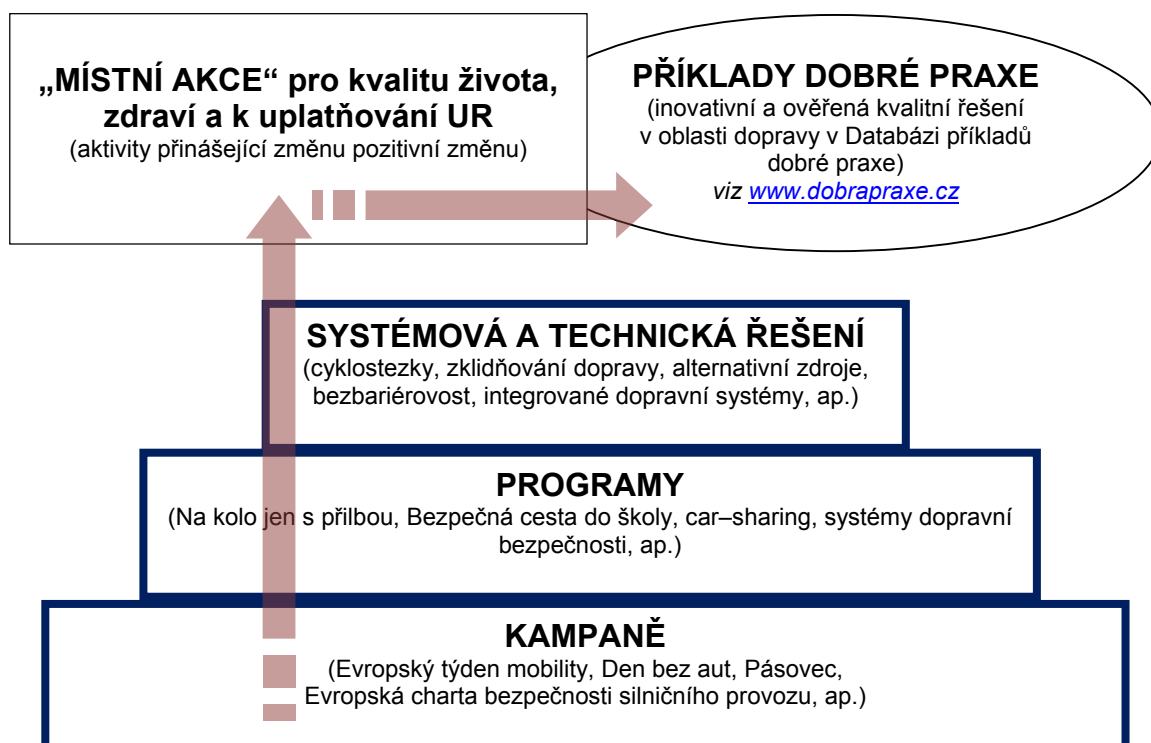
Veškeré výše uvedené manažerské a komunikační přístupy, metody a nástroje jsou plně využitelné nejen pro široké strategie, ale také pro koncepční postup v případě dílčích oblastí. Národní síť Zdravých měst ČR je bude využívat např. při komplexním řešení tématu DOPRAVA, které se stalo společným tématem Zdravých měst, obcí a regionů v ČR pro léta 2006–2007. Budou zde využívány jak indikátory, tak informační systém DataPlán NSZM pro benchmarking a sledování vzájemné provázanosti místního, krajského i národního postupu.

5. DOPRAVA – společné Téma Zdravých měst, obcí a regionů 2006–2007

Na základě usnesení Valné hromady NSZM bylo jako společné téma členů NSZM pro léta 2006-07 schváleno téma *Bezpečná a udržitelná doprava* (dále jen „Téma“).

K Tématu mohou Zdravá města, obce a regiony přistupovat jak z pohledu *zdravotně-sociálního* (prevence úrazů, bezbariérovost, prevence sociální exkluze atp.), tak z pohledu *ekonomiky a životního prostředí* (alternativní pohon, úspory paliv a energie, šetrnost k životnímu prostředí atp.). Tento přístup je v souladu s definicí OECD, která za udržitelnou dopravu považuje takovou, která poskytuje bezpečný, ekonomicky životaschopný a sociálně přijatelný způsob dopravy lidí k místům, zboží či službám, splňuje obecně přijímané zdravotní a ekologické standardy, nepřekračuje únosné meze ekosystémů a nepřispívá ke zhoršování globálních jevů, jako jsou klimatické změny, narušování ozónové vrstvy a šíření dlouhodobě přetrvávajících znečišťujících organických látek.

Obr. 2 Schéma možností zapojení členů do tématu DOPRAVA



Členové Národní sítě Zdravých měst se mohou následující rok a půl zapojit do iniciativy, jejímž cílem je realizovat ve Zdravých městech, obcích a regionech co nejširší množství místních akcí - aktivit, trvalých opatření - majících konkrétní dopad na podporu bezpečnosti a udržitelnosti dopravy. Lze je rozdělit do tří úrovní. Zaprvé se jedná o realizaci nejméně finančně i organizačně náročných *osvětových a vzdělávacích akcí* – např. kampaň Evropský týden mobility a Den bez aut. Zadruhé, města a obce se mohou zapojit do *dlouhodobých preventivních programů*, jako jsou např. Bezpečná cesta do školy či Na kolo jen s přílbou. Třetí, nejnáročnější kategorií jsou pak tzv. *trvalá opatření*, kam se řadí např. prvky zklidňování dopravy, výstavba cyklostezek, zavádění alternativních paliv apod. Celá iniciativa má svá pevná pravidla, indikátory a harmonogram. Od září t.r. mohou zapojivší se města po celý rok realizovat vybraná opatření, programy či kampaně. Vyhodnocení zapojení členů a dosaženého efektu místních akcí bude vyhlášeno na podzimní Valné hromadě NSZM v roce 2007.

Více informací ke společnému tématu DOPRAVA, k Projektu Zdravé město, místní Agendě 21, Národní síti Zdravých měst ČR a dalším oblastem naleznete na webové adrese:

<http://www.nszm.cz/udrzitelnadoprava>

Analýza produkcie emisií CO₂ z dopravy v Slovenskej republike

Vladimír Konečný

Žilinská Univerzita, Fakulta PEDAS, KCMD,
Univerzitná 1, 010 26 Žilina

e-mail:Vladimir.Konecny@fpedas.utc.sk

Abstrakt

Takmer každá ľudská aktivita ovplyvňuje životné prostredie. Rozvoj rôznych oblastí hospodárstva, a s tým spojený rozvoj spoločnosti, má aj svoje negatívne dopady. Jedným z najväčších dopadov sú emisie oxidu uhličitého a s nimi súvisiaci skleníkový efekt.

Cieľom tohto príspevku je poukázať na produkciu emisií CO₂ z dopravy a predstaviť nový prístup k stanoveniu objemu emisií CO₂ z dopravy celkom, nielen v súvislosti so spotrebou PHM ale aj ich výrobou (nepriame emisie CO₂). Na základe identifikácie nepriamych emisií z dopravy je možné porovnávať napr. železničnú dopravu s cestnou dopravou v súvislosti s produkciou CO₂.

1. Úvod

Všeobecne je skleníkový efekt prirodzený jav, prostredníctvom ktorého dochádza k ohrevu zemského povrchu a atmosféry. Bez existencie skleníkového efektu by bola priemerná teplota na Zemi - 18° C namiesto súčasných 15° C. Rast produkcie emisií CO₂ z ľudskej činnosti však vedie k výraznému zosilneniu skleníkového efektu (vplyvom väčšieho množstva skleníkových plynov v atmosfére), čo sa prejavuje globálnym oteplením Zeme.

Oblasť dopravy je tiež jedným z významných producentov skleníkových plynov, obzvlášť oxidu uhličitého. Oxid uhličitý predstavuje celosvetovo až 79 % zo všetkých skleníkových plynov.

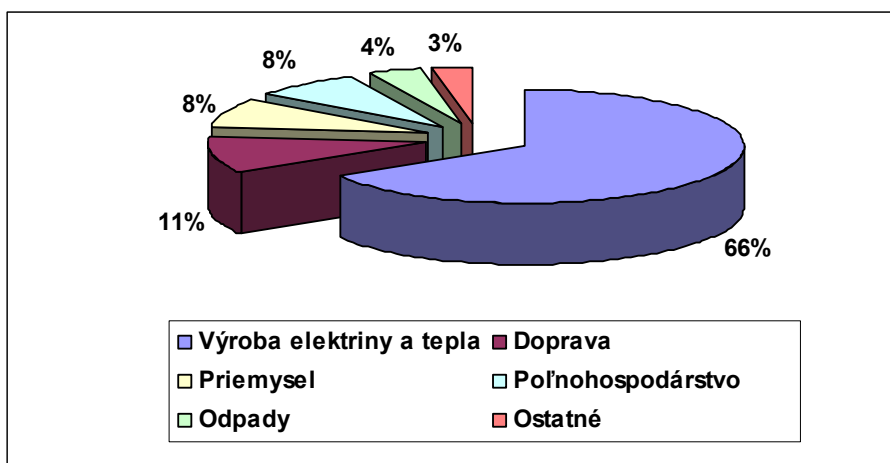
V súčasnosti štatistiky emisií CO₂ v SR neuvažujú so záťažou životného prostredia v súvislosti s prevádzkou železničnej dopravy - elektrickej trakcie, pričom je zrejmé, že elektrická energia vyrábaná v podmienkach SR má negatívne dopady na životné prostredie. Preto budeme uvažovať s emisiami CO₂ z produkcie elektrickej energie. Aby bolo porovnanie objektívne, pri druhoch dopravy využívajúcich fosílnu palivá uvažujeme tiež s nepriamimi emisiami CO₂ z ich výroby.

Podiel dopravy na celkových emisiách CO₂ v SR v roku 2003 predstavoval 11 % (pozri obr.1).

Štruktúra emisií CO₂ pre sektor dopravy je znázornená na obrázku 2. Tu je potrebné poznamenať, že v štatistike nie je zahrnutý podiel emisií CO₂ z elektrickej trakcie železničnej dopravy, pričom výkony elektrickej trakcie predstavujú až 2/3 výkonov železničnej dopravy, 1/3 sú výkony motorovej trakcie.

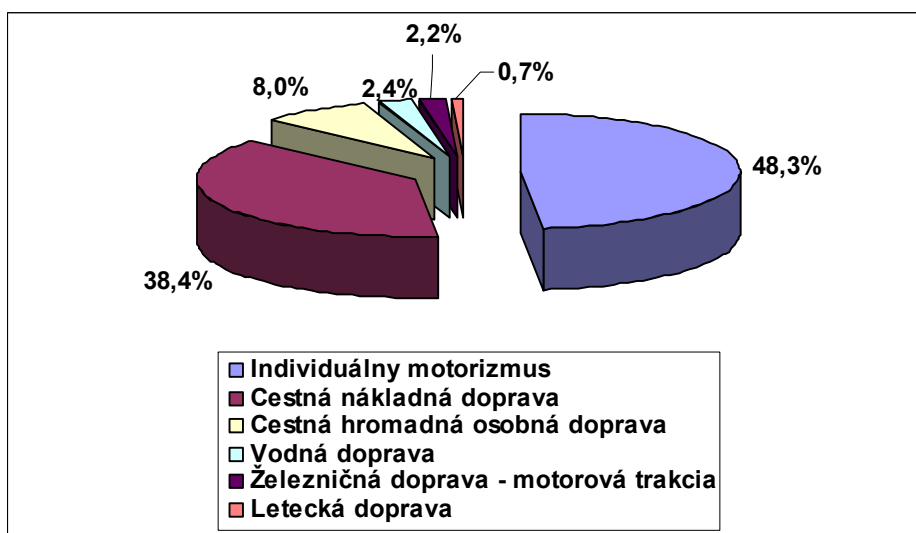
Vývoj množstva emisií CO₂ z dopravy v rokoch 1998 až 2003 znázorňuje obrázok 3, objem emisií CO₂ sa pohybuje okolo 5 mil. ton ročne.

Obr.1 Štruktúra produkcie emisií CO₂ podľa sektorov hospodárstva v SR v roku 2003



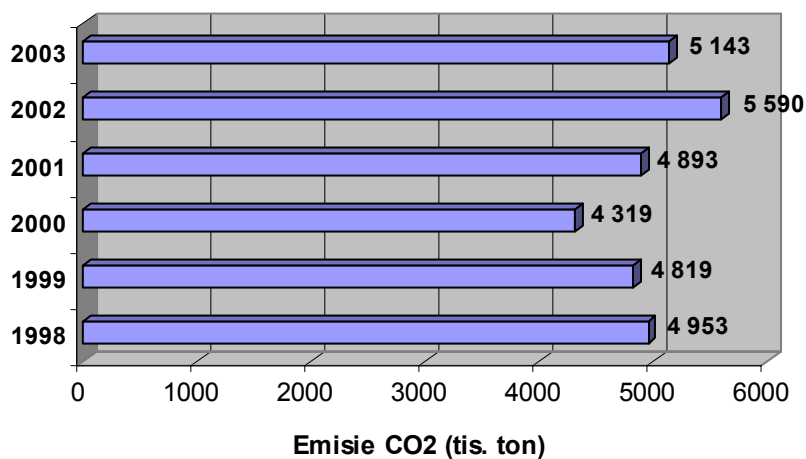
Zdroj: Štatistická ročenka SR, 2005

Obr.2 Štruktúra emisií CO₂ z dopravy v SR v roku 2003



Zdroj: Zdroj: Štatistická ročenka SR, 2005

Obr.3 Vývoj emisií CO₂ z dopravy v SR v rokoch 1998 až 2003

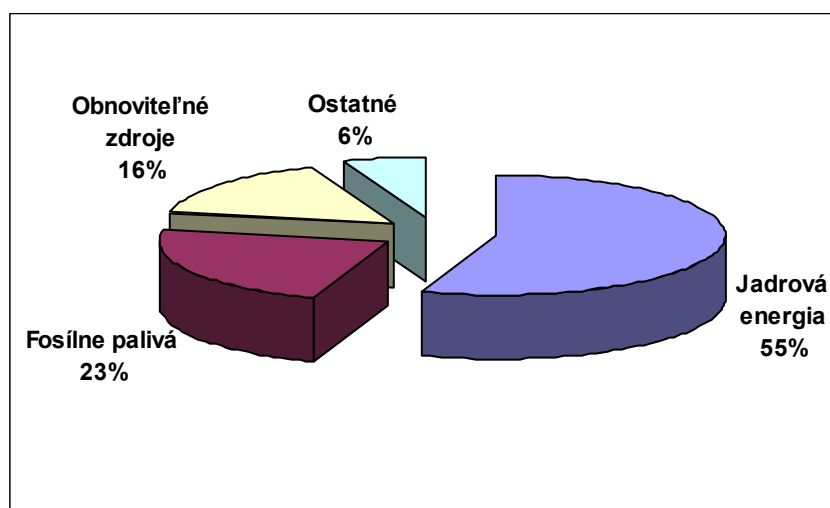


Zdroj: Štatistická ročenka SR, 2005

2. Výpočet objemu emisií CO₂ z dopravy v SR

Spaľovanie fosílnych palív spôsobuje produkciu oxidu uhličitého ako produktu dokonalého horenia. Všeobecne platí názor, že elektrická energia a jej využívanie je environmentálne prijateľné. Je však nutné vidieť aj druhú stranu veci, a to spôsob produkcie elektrickej energie. Environmentálne prijateľná je elektrická energia vyrobená z obnoviteľných zdrojov, ale nie z tuhých palív. Z týchto dôvodov je potrebné poznať štruktúru produkcie elektrickej energie (pozri obr.4).

Obr.4 Štruktúra produkcie elektrickej energie v SR v roku 2003



Zdroj: Eurostat

2.1 Výpočet objemu CO₂ pre druhy dopravy využívajúce elektrickú energiu

Elektroenergetika (výroba elektriny a tepla) vyprodukovala v roku 2003 v SR 33 276 Gg oxidu uhličitého. Približne 80 % z tohto množstva súvisí priamo s výrobou elektrickej energie. Produkcia elektrickej energie predstavovala 32 830 GWh. Na základe toho môžeme vyčísliť nepriame emisie CO₂ z elektroenergetiky, ktorej produkciu využíva aj sektor dopravy:

$$\frac{33\,276\text{ Gg} \cdot 0,8}{32\,830\text{ GWh}} = \frac{33\,276 \cdot 10^9\text{ g} \cdot 0,8}{32\,830 \cdot 10^9\text{ Wh}} = 0,8108\text{ g / Wh} = 0,8108\text{ kg / kWh} = 810,8\text{ g / kWh}$$

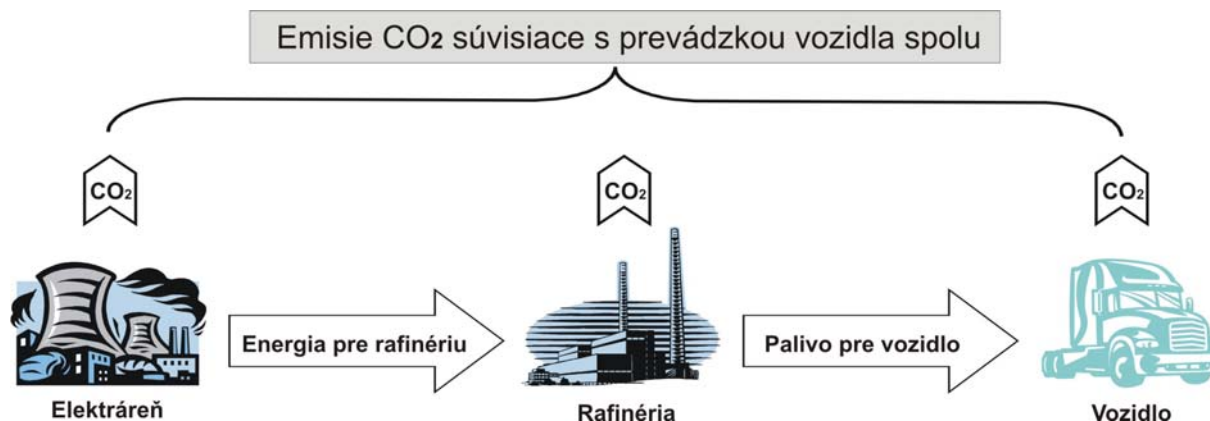
Jedna vyrobená, resp. spotrebovaná, kWh elektrickej energie v SR zaťaží životné prostredie približne 811 g oxidu uhličitého (neuvažujeme emisie ďalších plynov, resp. častíc).

2.2 Výpočet objemu CO₂ pre druhy dopravy využívajúce fosílna palivá

Uvažujeme najpoužívanejšie fosílna palivá – benzín a naftu. Výpočet zahŕňa nielen emisie CO₂ vo výfukových plynoch vozidla, ale i produkciu oxidu uhličitého z výroby elektrickej energie pre rafinériu a oxidu uhličitého z rafinérie pri výrobe fosílnych palív.

Schéma reťazca produkcie emisií oxidu uhličitého z výroby a spotreby fosílnych palív je znázornená na obrázku 5.

Obr.5 Reťazec produkcie emisií CO₂ v doprave pri využití fosílnych palív



a) Elektrárň

Energetická náročnosť výroby benzínu a motorovej nafty (uvažujeme Slovnaft, a. s., ako najväčšieho producenta pohonných hmôt pre SR a strednú Európu):

1 liter automobilového benzínu: 0,4 Wh elektrickej energie
0,11 KJ prehriatej pary ~ 0,0306 Wh el. energie
spolu: 0,4306 Wh

1 liter motorovej nafty: 0,45 Wh elektrickej energie
0,13 KJ prehriatej pary ~ 0,036 Wh el. energie
spolu: 0,486 Wh/l

(Zdroj: Výskumný ústav pre ropu a uhľovodíkové plyny)

Pozn.: Údaje sú približné, pretože mnohé ropné produkty sa vyrábajú z rovnakých polotovarov, resp. výroba viacerých produktov sa realizuje súčasnými spoločnými technologickými postupmi.

Prevod jednotiek je realizovaný na základe vzťahu:

$$1 \text{ KJ} = 0,277 \text{ Wh} \text{ resp. } 1 \text{ Wh} = 3 \text{ 600 J}$$

Prepočet emisií CO₂ súvisiacich s potrebou el. energie v rafinérii (na 1 liter benzínu):

$$\text{Emisie CO}_2 \text{ elektrárne (g/Wh)} * \text{Spotreba el. energie na výrobu 1 l benzínu (Wh/l)} = \\ = 0,8108 \text{ g/Wh} * 0,4306 \text{ Wh/l} = 0,349 \text{ g/l}$$

Prepočet emisií CO₂ súvisiacich s potrebou el. energie v rafinérii (na 1 liter motorovej nafty):

$$\text{Emisie CO}_2 \text{ elektrárne (g/Wh)} * \text{Spotreba el. energie na výrobu 1 l nafty (Wh/l)} = \\ = 0,8108 \text{ g/Wh} * 0,486 \text{ Wh/l} = 0,394 \text{ g/l}$$

b) Rafinéria

Vychádzame z najnovších dostupných údajov rafinérie Slovnaft a. s. z roku 2003:

Objem produkcie spoločnosti Slovnaft a.s. v roku 2003 predstavoval 4 296 538 ton. Rafinéria Slovnaft a. s., vyprodukovala 2,82 mil. ton CO₂ v roku 2002.

Emisie CO₂ na 1 kg produkcie:

$$\frac{2\,820\,000 \text{ ton CO}_2}{4\,296\,538 \text{ ton produkcie}} = \frac{2\,820\,000\,000 \text{ kg CO}_2}{4\,296\,538\,000 \text{ kg produkcie}} = 0,656 \text{ kg CO}_2 \text{ na kg produkcie rafinérie}$$

Prepočet emisií CO₂ na 1 liter produkovaného benzínu:

Hustota benzínu pri 15°C je 0,725 až 0,775 kg/dm³, stredná hodnota je 0,75 kg/dm³,

Objem 1 kg benzínu:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{1 \text{ kg}}{0,75 \text{ kg/dm}^3} = 1,33 \text{ dm}^3 = 1,33 \text{ litra}$$

$$\text{Emisie CO}_2 \text{ na liter produkovaného benzínu} = \frac{0,656 \text{ kg}}{1,33 \text{ litra}} = 0,493 \text{ kg/l} = 493 \text{ g/l}$$

Prepočet emisií CO₂ na 1 liter produkovanej motorovej nafty:

Hustota motorovej nafty pri 15°C je 0,82 až 0,86 kg/dm³, stredná hodnota je 0,84 kg/dm³,

Objem 1 kg nafty:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{1 \text{ kg}}{0,84 \text{ kg/dm}^3} = 1,19 \text{ dm}^3 = 1,19 \text{ litra}$$

$$\text{Emisie CO}_2 \text{ na liter produkovanej nafty} = \frac{0,656 \text{ kg}}{1,19 \text{ litra}} = 0,551 \text{ kg/l} = 551 \text{ g/l}$$

c) Vozidlo

Množstvá emisií CO₂ vo výfukových plynch pre rôzne typy fosílnych palív sú uvedené v tabuľke 1.

Tab.1 Množstvo emisií CO₂ pripadajúce na 1 liter paliva pri jeho spálení

Typ paliva	Emisie CO ₂ na liter spotrebovaného paliva (g/l)
Benzín	2 500
LPG	1 600
Nafta	2 700

Zdroj: <http://www.greenhouse.gov.au/fuellabel/environment.html>

d) Celková produkcia emisií CO₂

Tab.2 Celkové emisie CO₂

Emisie CO ₂	Benzín	Nafta
z výroby elektrickej energie pre rafinériu	0,349 g/l	0,394 g/l
z produkcie rafinérie	493 g/l	551 g/l
z výfuku vozidla	2 500 g/l	2 700 g/l
Spolu	2 993,349 g/l	3 251,394 g/l

Zdroj: Výpočty autora

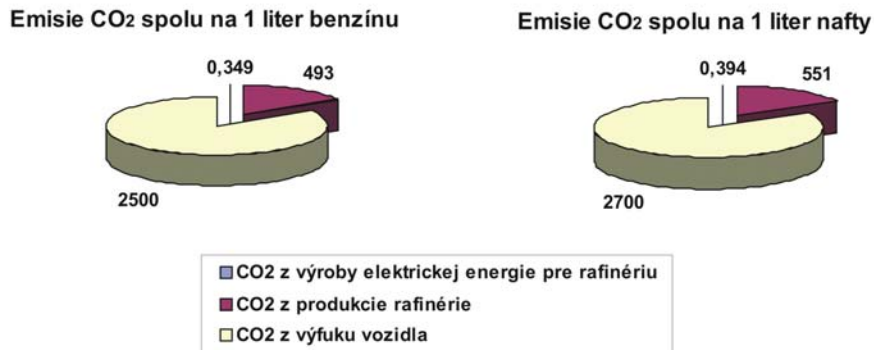
Tabuľka 2 obsahuje hodnoty emisií CO₂ súvisiace s prevádzkou vozidla vrátane produkcie pohonných hmôt. Výroba a spotreba 1 litra nafty zaťažuje životné prostredie približne 3 251 gramami CO₂, 1 liter benzínu 2 993 gramami CO₂.

3. Záver

Hlavným kritériom hodnotenia produkcie a dopadov emisií CO₂ z dopravy je spotreba vozidla. Vieme, že vznetrové motory majú v porovnaní so zážihovými menšiu spotrebu pohonných hmôt. Takže zážihový motor (i napriek väčšiemu množstvu CO₂ na liter v porovnaní so vznetrovým, tab.2) z dôvodu vyššej spotreby pohonných hmôt vyprodukuje v globále viac emisií CO₂. Ďalšou dôležitou zložkou

celkových emisií CO₂ je produkcia oxidu uhličitého rafinériou pri výrobe PHM, podiel CO₂ z produkcie elektrickej energie pre rafinériu je zanedbateľný (pozri obr.6).

Obr.6 Porovnanie objemu emisií CO₂ z prevádzky vozidla pre benzín a naftu [g/liter pohonných látok]



Zdroj: Výpočty autora

Množstvo emisií CO₂ môže byť dôležitým parametrom pri výbere, resp. preferencii konkrétneho druhu dopravy alebo dopravného systému. Uplatnenie uvedenej metodiky umožňuje porovnať environmentálnu prijateľnosť doteraz neporovnateľných druhov dopravy, napr. cestnej dopravy a železničnej dopravy-elektrickej trakcie. Problémom v podmienkach SR je, že nie sú dostupné hodnoty spotreby elektrickej energie vlakových súprav na konkrétnych tratiach. S pomocou týchto údajov by bolo možné porovnať produkciu emisií CO₂ z cestnej a železničnej dopravy. Pre simuláciu je však možné použiť programové vybavenia (napr. vlaková dynamika), ktoré dokážu vyčíslieť spotrebu elektrickej energie vlaku na konkrétnej trati.

Je potrebné konštatovať, že emisie CO₂ nie sú jediným kritériom hodnotenia environmentálnej prijateľnosti konkrétneho typu vozidla, resp. druhu dopravy. Postup je možné aplikovať aj pre výpočet ďalších plyných škodlivín súvisiacich s dopravou a výrobou elektrickej energie, ako sú CO, NO_x, pevné častice a pod.

Z výpočtov vyplýva, že príslušné inštitúcie by mali vyvíjať tlak nielen na výrobcov vozidiel a ich environmentálnu prijateľnosť, ale i na rafinérsku a energetickú spoločnosť a environmentálnu prijateľnosť produkcie elektrickej energie a rafinérskych produktov.

Pozn.: Príspevok vychádza z najnovšie dostupných štatistických údajov, Štatistická ročenka SR 2005 obsahuje údaje o emisiách z dopravy pre rok 2003.

Literatúra

- [1] Eurostat (<http://epp.eurostat.cec.eu.int>)
- [2] <http://www.greenhouse.gov.au/fuellabel/environment.html>
- [3] Slovenské elektrárne, a.s. (<http://www.seas.sk/en/>)
- [4] Slovnaft, a.s. (<http://www.slovnaft.sk>)
- [5] Štatistická ročenka SR, Veda, Bratislava, 2005.
- [6] VURUP – Slovnaft, a.s. (<http://www.vurup.sk/>)

Podíl dopravy na znečištění ovzduší Jihomoravského kraje

Robert Skeřil, Zdeněk Elfenbein, Jan Vaněk, Jaroslav Rožnovský

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno

Kroftova 43, 616 67 Brno

e-mail: robert.skeril@chmi.cz

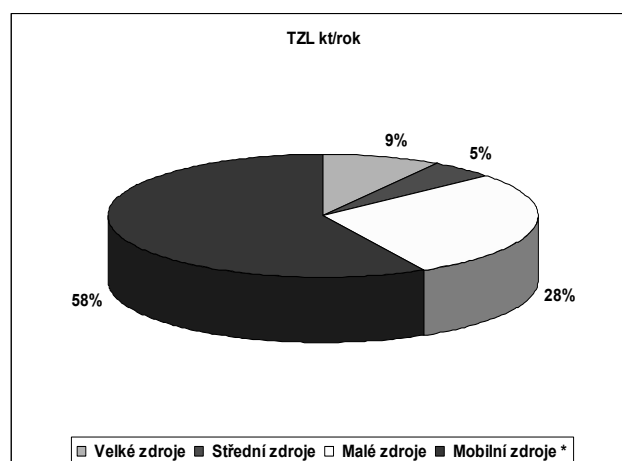
Abstrakt

Doprava je velmi významným zdrojem znečištění ovzduší Jihomoravského kraje. V rámci zpracování aktualizace krajského programu zlepšení kvality ovzduší pro Jihomoravský kraj [1] byl detailně analyzován příspěvek emisí z dopravy k celkovému znečištění kraje a rovněž vztah k emisním stropům. Na základě emisního modelu pak byly vymezeny oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší. Na základě zjištěných skutečností byl připraven programový dodatek [2], obsahující opatření vedoucí ke zlepšení kvality ovzduší včetně konkrétních akcí, jejich finanční vyčíslení a návaznost na evropské strukturální fondy.

1. Vývoj emisí a emisní stropy v Jihomoravském Kraji

S přihlédnutím k hodnotám emisí z předcházejících let je možné konstatovat, že v období 2000 až 2004 vykazují tuhé znečišťující látky, oxid siřičitý a oxidy dusíku rostoucí trend a zároveň je krajský emisní strop setrvale překračován v případě oxidu siřičitého, oxidů dusíku a VOC v roce 2002 a 2003 a 2004. Z uvedených skutečností vyplývá nutnost přípravy a realizace opatření, která by vedla k dosažení „podstropových“ hodnot emisí v roce 2010 a vyhnutí se sankcím ze strany EU. Tato opatření byla připravena a schválena v rámci „Aktualizace krajského programu zlepšování kvality ovzduší“¹, jehož programový dodatek se stal nařízením kraje².

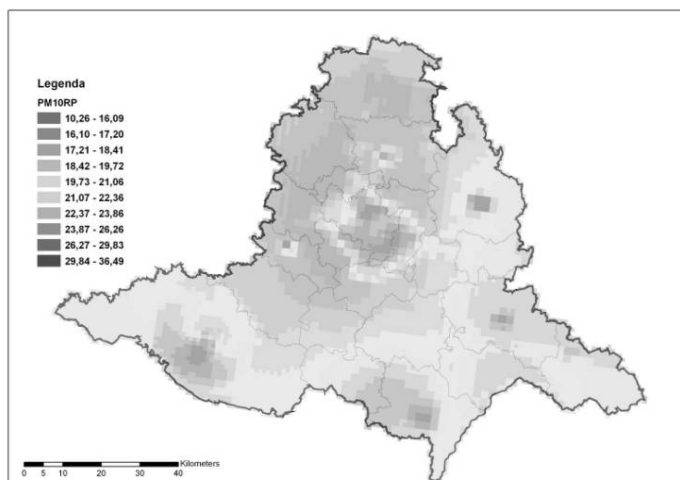
Z emisní bilance vyplývá, že v případě SO₂ je v současné době emisní strop překročen o 8,1%, v případě NO_x o 20,1% a v případě VOC o 7,3%. Podíl dopravy je rozhodující v případě NO_x, TZL a CO (pro TZL a CO nejsou emisní stropy stanoveny). U volatilních organických rozpouštědel hrají dominantní roli malé zdroje, avšak emise z dopravy jsou rovněž podstatné.



Zdroj: ČHMÚ

2. Imisní model vybraných škodlivin v Jihomoravském Kraji

Z hlediska imisních limitů dochází na území Jihomoravského kraje k překročením v případě PM10 – průměrná 24-hodinová koncentrace byla více než 35-krát v roce vyšší než $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší (OZKO) byly na základě modelu vymezeny na území 4 ORP – Blansko, Brno, Sokolnice a Šlapanice. V rámci vymezení OZKO však již nebylo Brno započítáváno do Jihomoravského kraje, ale jako samostatná aglomerace, která si sama zpracovávala aktualizaci krajského programu zlepšování kvality ovzduší



Zdroj: ČHMÚ

3. Opatření vztahující se k dopravě v Jihomoravském kraji

Tato opatření jsou součástí Programového dodatku aktualizace krajského programu zlepšení kvality ovzduší. Zde jsou vyňaty pouze opatření mající vliv na dopravu. Součástí těchto opatření jsou jednotlivá podopatření a k nim přiřazené konkrétní akce.

- Snížení primárních emisí tuhých znečišťujících látek z bodových a plošných zdrojů
- Omezení resuspenze prachových částic
- Vymístění zdrojů emisí z dopravy mimo obydlené oblasti
- Efektivnější využívání energie a podpora úspor včetně obnovitelných zdrojů energie

Literatura

- [1] Skeřil R., Elfenbein Z., Vaněk J., Adamec V., Jedlička J., Dufek J.: Aktualizace krajského programu zlepšení kvality ovzduší, Brno 2006.
- [2] Věstník právních předpisů Jihomoravského kraje, částka 15, ročník 2006

Prevence dopravních úrazů – základ bezpečné dopravy (Implementace Zdraví 21 – Cíl 9)

Ludmila Skálová

Státní zdravotní ústav - Centrum zdraví a životních podmínek

Šrobárova 48, 100 42 Praha 10

e-mail: skalova@cdiv.cz

Zranění při silničním provozu jsou globálně velkým zdravotním a rozvojovým problémem neúměrně zatěžujícím určité zranitelné skupiny uživatelů silnic; očekává se, že v nadcházejících letech dojde k jejich podstatnému nárůstu. Odhaduje se, že v roce 2002 zemřelo celosvětově v důsledku dopravních nehod 1,18 milionu lidí. V nízko- a středně-příjmových zemích, kde se 90 % smrtících nehod silničního provozu odehrává, jsou většinou obětí chodci, motocyklisté, cyklisté, a cestující ve veřejné dopravě. Projekce WHO napovídají, že do r. 2020 by nehody při silničním provozu mohly být na třetím místě příčin přispívajících k poškození zdraví.

Zraněním při silničním provozu lze předcházet a jejich následky mohou být zmírněny. Klíčovou úlohu mezi ostatními sektory v podpoře a ochraně zdraví má zdravotnictví. Usnesením Vlády České republiky č.1046 ze dne 30.října 2002 přijala vláda ČR Dlouhodobý program zlepšování zdravotního stavu obyvatelstva *Zdraví pro všechny v 21.století*. Tento zdravotně politický dokument je rozsáhlým souborem aktivit zaměřených na zlepšování zdravotního stavu obyvatelstva České republiky. Na plnění programu se podílí všechny složky společnosti, úkoly ke snížení výskytu poranění způsobených násilím a úrazy uvádí *Cíl 9* dokumentu.

Aktivity SZÚ – Centra zdraví a životních podmínek v prevenci úrazů

(řešitelé: Kernová V., Komárek L, Kódl M., Janoušek S., Skálová L., Zvadová Z.)

Studie:

rok	název studie	n	věkové složení	některé výsledky
1995-2000	Úrazy školních dětí	300 000	6-14	- dopravní úrazy představují 10-16% dětských úrazů, - více než 4000 dětí ročně je vážně zraněno - cca 40 dětí ročně umírá na následky dopravní nehody
2001-2002	Snížení incidence úrazovosti u školních dětí	1500	6-14	- 30% dětí nenosí při jízdě na kole přilbu - 11% dětí nepoužívá bezpečnostní pásy
1994 1998 2002	HBSC: Health Behaviour in School-Aged Children	3585 3703 5012	11-15	-30% dětí nikdy nenosí cyklistickou helmu, vždy ji nosí pouze 6% dětí -70% dětí nepoužily vždy bezpečnostní pás při jízdě autem
2002 2005	CINDI: Countrywide integrated non-communicable diseases intervention programm	2003 998	25-64 14-22	-26% osob nepoužívá vždy bezpečnostní pásy -83% osob nepoužívá vždy bezpečnostní pásy na zadních sedadlech -21% studujících nepoužívá vždy bezpečnostní pásy - 61% studujících nepoužívá helmu při jízdě na kole
2004 - 2005	Prevence dětských dopravních úrazů	2830	6-8	-25% dětí nenosí cyklistickou helmu - 30% dětí nepoužívá bezpečnostní pás při jízdě autem

Projekty podpory zdraví realizované v SZÚ

- Snížení incidence úrazovosti u školních dětí
- Prevence dětských dopravních úrazů

- Program prevence dopravních úrazů na I.stupni základních škol
- Můžeš předejít úrazu? - Prevence úrazů na internetu - interaktivní webové stránky určené dětem staršího školního věku www.szu.cz/czzp/urazy
- Poznejte rizika svého životního stylu - interaktivní webové stránky určené dospělým s kapitolou Riziko dopravních úrazů www.szu.cz/czzp/riziko

Edukace

- Ediční materiály: www.szu.cz/czzp/vychova/
- Brožury: Jak se chránit před úrazy ,Pozor na úrazy a otravy u nejmenších dětí, Prevence úrazů u školních dětí
- Plakáty: Rizika úrazů u školních dětí , Bezpečná silnice, Nehoda není náhoda, Dopravní úrazy
- CD s manuálem pro pedagogy: Aby tě auto nepřejelo
- Webové stránky: www.szu.cz/czzp
Prevence úrazů: www.szu.cz/czzp/prevence/urazy
- Kurzy: Pohybová aktivita a prevence úrazů – jeden ze šesti modulů akreditovaného vzdělávacího kurzu „Podpora zdraví“ pro nelékařská zdravotnická povolání (dle Zák.č.96/2004 Sb. o dalším vzdělávání nelékařských zdravotnických odborníků) www.szu.cz - kalendář akcí

EKOBUS

Petr Harnoc

EKOBUS a.s.

Lumiérů 181/41, 152 00 Praha 5

e-mail: info@ekobus.cz

EKOBUS patří do kategorie ekonomických a ekologických autobusů využívající nejčistší alternativní palivo - stlačený přírodní zemní plyn CNG. V porovnání s naftou produkuje o 30 % méně CO₂, až o 90 % méně CO a o 25 % méně oxidů dusíků. Současně jako jediné palivo spalováním neprodukuje pevné částice a saze.

Tlakové zásobníky jsou umístěny na střeše vozidla, což nesnižuje objem zavazadlových prostor a zajišťuje úplnou bezpečnost dopravy plynu. Plynová soustava je elektronicky kontrolovatelná, má univerzální plnicí ventil a tlakový snímač vyvedený do zorného pole řidiče. EKOBUS využívá současné nejmodernější technologie:

- výkonný americko-kanadský motor Cummins Westport B 5,9 (230 HP) nebo C 8,3 (280 HP) s plně elektronicky řízeným vstřikováním paliva
- a francouzské **lehké** celokompozitové lahve Ullit s životností 20 let.



Je vyráběn v různých modifikacích v závislosti na jeho využití v praxi a třech délkách karosérie: **9,5, 10,5 a 12m**. Pro městskou hromadnou dopravu se využívá EKOBUS CITY 10,5. Pro příměstskou verze INTERCITY 10,5. INTERCITY je produkován i ve verzi LC se zvýšenými sedačkami. Standardně jsou všechny verze vybaveny odbavovacím a informačním systémem na přání zákazníků, bezpečnostními prvky jako je ABS, retardér. EKOBUS CITY Plus (4 nebo 3 dveřový)

je nízkopodlažní **12m** autobus s automatickou převodovkou vhodný jak pro městské hromadné dopravy tak pro příměstskou dopravu s velkou frekvencí přepravy kočárků či invalidů.

K zajímavým parametrům určitě patří **nižší hmotnost** EKOBUSU oproti jiným autobusům.

	CO	MNHC	CH₄	NO_x	P. částice
Norma EURO 3	5,45	0,78	1,6	5	0,16
Norma EURO 4	4	0,55	1,1	3,5	0,03
Norma EURO 5	4	0,55	1,1	2	0,03
EKOBUS	0,012	0	0,2	2,08	0

**EKOBUS získal ocenění
Grand Prix Slovak Gold**
certifikát ochranné známky kvality – udělený
poprvé v historii zahraničnímu subjektu



Kunětická hora

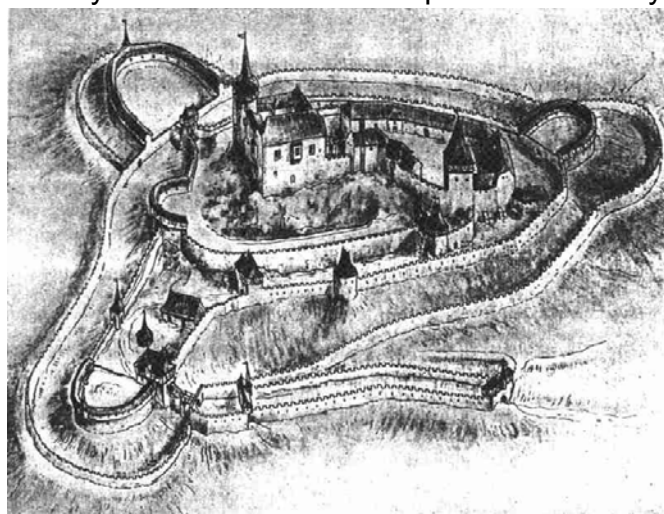
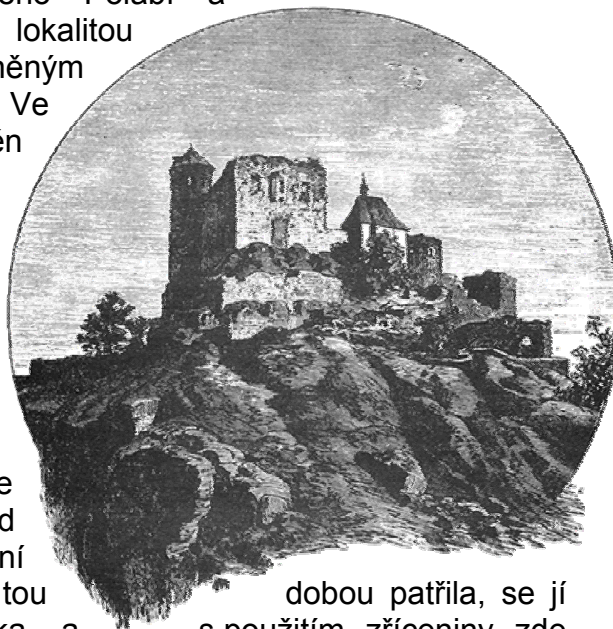
Z roviny táhnoucí se mezi Chrudimí a Jaroměří vystupuje nedaleko Pardubic osamocený znělcový vrch - Kunětická hora (305 m). Pozoruhodný geologický útvar, vzniklý třetihorní horotvornou činností, se tyčí 82 m nad krajinu a vytváří charakteristickou dominantu východočeského Polabí a Pardubicka. Kunětická hora je významnou lokalitou botanickou a zoologickou, bohatým a chráněným nalezištěm četných druhů rostlin a živočichů. Ve středověku byl na vrcholu vystavěn stejnojmenný kamenný hrad.

Historie hradu Kunětická hora

Na základě archeologických průzkumů v 80. letech minulého století bylo prokázáno, že první hrad na Kunětické hoře byl založen někdy na přelomu 13. a 14. století jako královský hrad a ve zmatcích na počátku 14. století asi zanikl. Roku 1420 se pod horou konal tábor husitského lidu před tažením na Hradec Králové. Po vypálení opatovického kláštera, jemuž Kunětická hora tou dobou patřila, se jí zmocnil hejtman Diviš Bořek z Miletínka a s použitím zříceniny zde v letech 1421 až 1423 vystavěl jeden z mála husitských hradů. Po smrti Divišově přešel hrad i s celým panstvím do rukou jeho syna Soběslava, který byl horlivým stoupencem krále Jiřího z Poděbrad jemuž byl hrad postoupen roku 1464. Po Jiříkově smrti jeho syn, kníže Jindřich, pak kunětické panství notně zadlužil a celé jej i s hradem v roce 1491 musel odprodat panu Vilémovi z Pernštejna.

Za Pernštejnů dochází v letech 1491 - 1548 k největším přestavbám hradu, který se přeměnil ve výstavné pozdněgotické sídlo. Ve čtyřkřídle hradním paláci vznikly v té době hlavní společenské sály v prvním a druhém patře jižního a západního křídla a reprezentativní místnosti v severním křídle. Tou dobou vzniká důmyslný unikátní opevňovací systém, který zaujímá významné místo v dějinách hradní architektury, výstavbou mohutných zemních valů a kruhových rondelů sloužících k nasazení dělostřelectva. Význam hradu podtrhla návštěva krále Vladislava Jagellonského v roce 1497. Hrad samotný byl přiřčen k panství Pardubickému, které bylo roku 1560 prodáno královské komoře.

Hrad Kunětická hora byl významným opěrným bodem ještě za třicetileté války, než byl v roce 1645 dobyt švédským vojskem generála Torstensonova a vypálen. Poté začal rychle chátrat a v roce 1681 je uváděn již jako pustý.



První práce na obnově zbytků hradu byly učiněny okolo roku 1860. Hrad však stále ohrožovala těžba kamene, již postupně podlehla západní a jihozápadní část hradu (jedna ze tří bašt se zřítíla roku 1884). Až v roce 1916 byla další těžba kamene zakázána.

Snaha o záchranu Kunětické hory vyvrcholila v roce 1919 kdy hrad zakoupil Pardubický muzejní spolek a v roce 1920 započal s rekonstrukčními pracemi podle projektů architekta Dušana Jurkoviče. K další obnově hradu se přistoupilo po druhé světové válce, kdy byla provedena celková stavební záchrana hradu.

Současnost hradu

Hrad má v současnosti status národní kulturní památky. Návštěvník si může prohlédnout expozice jak s průvodcem, tak i samostatně. Vedle samotného hradního objektu láká k návštěvě nejreprezentativnější Rytířský sál a sklepení s expozicí prezentující výsledky archeologických výzkumů. V palácovém přízemí se nachází hradní hladomorna, vězení a výstava o vývoji soudnictví na území Čech. V 1. patře je hradní zbrojnice a rozsáhlá expozice věnovaná parforsním honům. Celou prohlídku korunovuje výstup na Černou (nebo také Čertovu) věž, z níž je dobrý výhled všemi směry. Za dobré viditelnosti nabízí pohled na Železné hory, Orlické hory i Krkonoše včetně Sněžky. Největší dětskou atrakcí hradu je obyvatel severního křídla, kterým je obrovský drak s rozpětím křídel 6 metrů. Na hradě se pořádá řada kulturních akcí, svou letní scénu zde má i Východočeské divadlo v Pardubicích.