

# POROVNÁNÍ VLIVU INDIVIDUÁLNÍ A HROMADNÉ DOPRAVY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

## ENVIRONMENTAL IMPACT COMPARISON OF INDIVIDUAL AND PUBLIC TRANSPORT

Rudolf Mrzena<sup>1</sup>

---

*Anotace: Příspěvek se zabývá posouzením emisí při přepravě osob individuální hromadnou dopravou.*

*Klíčová slova: emise, doprava, emisní normy, vliv na životní prostředí*

*Summary: This contribution deals with assessment of emissions of individual and public transport.*

*Key words: emissions, transportation, emission standards, environmental impact*

### 1. ÚVOD

Porovnávání vlivu individuální a veřejné hromadné dopravy, reprezentované dnes převážně integrovanými dopravními systémy, na životní prostředí, je důležitým kritériem při posuzování efektivity rozvoje veřejné dopravy ve sledovaném území. Veřejnou a individuální dopravu lze posuzovat podle mnoha hledisek; tento příspěvek je zaměřen na jedno z nejdůležitějších kritérií – na množství emisí, kterými doprava zatěžuje životní prostředí.

### 2. EMISE

Emisemi se rozumí zejména uvolňování polutantů vznikajících nejčastěji spalováním fosilních paliv – zejména nafty a benzínu ve spalovacích motorech vozidel a uhlí v elektrárnách zásobujících energii elektrická vozidla. Mezi nejvýznamnější škodliviny v ovzduší se řadí:

a) oxidy uhlíku:

- CO<sub>2</sub> (dominantní skleníkový plyn)
- CO

b) oxidy dusíku – NO<sub>x</sub>, zejména:

- NO
- NO<sub>2</sub>

méně již:

- N<sub>2</sub>O
- ale i čistý dusík N<sub>2</sub>

Motorová vozidla se podílejí na emisích dusíku 55 % z antropogenních emisí dusíku.

---

<sup>1</sup> Ing. Rudolf Mrzena, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra technologie a řízení dopravy, Studentská 95, 532 10 Pardubice, E-mail: [Rudolf.Mrzena@seznam.cz](mailto:Rudolf.Mrzena@seznam.cz)

- c) oxidy síry:
  - SO<sub>2</sub>
  - méně již SO<sub>3</sub>
- d) přízemní ozón – O<sub>3</sub>
- e) těkavé organické látky – VOC (Volatile organic compounds)
- f) prachové částice:
  - PM<sub>10</sub> - polétavý prach
  - PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1,0</sub> - jemné částice<sup>2</sup>
- g) sloučeniny olova.

Lidské zdraví poškozují zejména prachové částice, těkavé organické látky, oxidy dusíku a přízemní ozón. Nezanedbatelné je i poškozování staveb ať už znečišťováním prachovými částicemi, ale i korozivním působením kyselých dešťů (důsledek emisí SO<sub>2</sub>). Kyselé deště působí také škody v zemědělství a zejména v lesnictví.

Z trendu vývoje emisí z dopravy v posledním období vyplývá, že začátkem 90. let 20. stol. došlo k výraznému poklesu emisí z individuální automobilové dopravy (IAD), které bylo způsobeno převážně obměnou vozového parku, poté ale následuje výrazný růst způsobený nebývalým rozmachem IAD. Největší vzrůst vykazují emise oxidů dusíku (růst počtu automobilů), projevuje se pokles emisí síry (vlivem odsíření elektráren) a oxidu uhličitého. Na znečištění ovzduší se nejvíce podílí silniční doprava (cca 89-93 % škodlivých emisí z dopravy). Železniční doprava se používáním motorové nafty podílí na emisích SO<sub>2</sub> a prachových částic - kolem 7 %.

Jako velmi pozitivní krok ke snížení emisí olova lze označit zákaz prodeje olovnatých benzinů k 1.1.2001, díky kterému klesly emise olova na minimum.

## 2.1 Emise individuální dopravy

Pro účely porovnávání emisí je v tomto příspěvku individuální dopravou myšlena jen individuální automobilová doprava, která je v rámci individuální dopravy dominantním zdrojem emisí. Z hlediska vzniku emisí se jedná o emise vznikající v místě realizace dopravního výkonu. Snaha o snížení emisí vedla k realizaci emisních norem Euro. Normy pro osobní automobily udávají maximální množství emisí v g/km jízdy. Označují se arabskými čísly jako Euro 1 – Euro 5, resp. připravovaná norma Euro 6.

---

<sup>2</sup> číslo v indexu udává velikostní skupinu aerosolu o velikosti menší než x μm

Tab. 1 – Emisní normy Euro pro osobní automobily

Norma	Platnost	CO	CH <sub>x</sub>	VOC	NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	PM
<b>Vznětové motory</b>							
Euro 1	1992	2,720	-	-	-	0,970	0,140
Euro 2	1996	1,000	-	-	-	0,700	0,080
Euro 3	2000	0,640	-	-	0,500	0,560	0,050
Euro 4	2005	0,500	-	-	0,250	0,300	0,025
Euro 5	2009	0,500	-	-	0,180	0,230	0,005
Euro 6	2014	0,500	-	-	0,080	0,170	0,005
<b>Zážehové motory</b>							
Euro 1	1992	2,720	-	-	-	0,970	-
Euro 2	1996	2,200	-	-	-	0,500	-
Euro 3	2000	2,300	0,200	-	0,150	-	-
Euro 4	2005	1,000	0,100	-	0,080	-	-
Euro 5	2009	1,000	0,100	0,068	0,060	-	0,005
Euro 6	2014	1,000	0,100	0,068	0,060	-	0,005

Zdroj: EU

## 2.2 Emise hromadné dopravy

Emise hromadné dopravy jsou reprezentovány jednak emisemi produkovánými spalovacími motory autobusů a motorových vlaků, jednak emisemi tepelných elektráren při výrobě elektrické energie pro vozidla elektrické trakce (vlaky, tramvaje, trolejbusy).

### 2.2.1 Emise autobusů MHD

Emise autobusů MHD vznikají principiálně stejně jako emise vozidel individuální automobilové dopravy. Jediným rozdílem jsou převážně vznětové motory těchto vozidel. Také autobusové emise jsou emisemi vznikajícími v místě realizace dopravního výkonu. Emisní normy pro velké vznětové motory autobusů jsou označovány římskými číslicemi jako Euro I – Euro V, resp. připravovaná norma Euro VI. Normy pro autobusy udávají maximální množství emisí v g/kWh.

Tab. 2 – Emisní normy Euro pro autobusy

Norma	Platnost	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM
Euro I	1992	4,500	1,100	8,000	0,612
Euro II	1998	4,000	1,100	7,000	0,150
Euro III	2000	2,100	0,660	5,000	0,100
Euro IV	2005	1,500	0,460	3,500	0,020
Euro V	2008	1,500	0,460	2,000	0,020
Euro VI	2013	1,500	0,130	0,400	0,010

Zdroj: EU

### 2.2.2 Emise železniční dopravy, tramvají a trolejbusů

Železniční doprava je z hlediska posuzování emisí zajímavá používáním elektrické a motorové trakce. Pro vozidla motorové trakce platí přiměřeně totéž, co pro silniční vozidla –

emise vznikají v místě realizace dopravního výkonu, ve vznětových motorech se spaluje motorová nafta. Rozdílné jsou ale emisní normy. Pro, z hlediska železnice malé, motory motorových vozů a jednotek se používají obdobné normy jako pro nákladní automobily, označované Euro 0 – Euro V. Normy udávají maximální množství emisí v g/kWh. Pro velké drážní motory lokomotiv a některých řad motorových vozů se používají emisní normy UIC .

Tab. 3 – Emisní normy Euro pro vznětové motory (nákladní automobily a železnice)

Norma	Platnost	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM
Euro 0	1988	12,300	2,600	15,800	-
Euro I	1992	4,900	1,230	9,000	0,400
Euro II	1995	4,000	1,100	7,000	0,150
Euro III	1999	2,100	0,660	5,000	0,100
Euro IV	2005	1,500	0,460	3,500	0,020
Euro V	2008	1,500	0,460	2,000	0,020

Zdroj: EU

Normy UIC, jmenovitě vyhláška UIC 624, vychází z evropské legislativy určující emise motorů používaných v jiných aplikacích než v silničních vozidlech. Jedná se zejména o motory pracovních strojů, traktorů, lodí a lokomotiv. Označují se Stage (stupeň) I – IV s dalším rozlišením kategorie velkým písmenem A – R podle výkonu motoru vozidla, resp. V pro loď. Emise velkých drážních motorů jsou regulovány až normou Stage III A, resp. budoucí III B, z roku 2006, pro motory o výkonu nad 130 kW. Normy udávají maximální množství emisí v g/kWh.

Tab. 4 – Emisní normy UIC Stage III A

Stage III A							
Kategorie	Výkon kW	Platnost	CO	HC	HC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
RC A	130 < P	2006	3,500	-	4,000	-	0,200
RL A	130 ≤ P ≤ 560	2007	3,500	-	4,000	-	0,200
RH A	P > 560	2009	3,500	0,500*	-	6,000*	0,200

\* HC = 0,4 g/kWh a NO<sub>x</sub> = 7,4 g/kWh pro motory o výkonu P > 2000 kW a objemu D > 5 lit./válec

Zdroj: EU a UIC

Tab. 5 – Emisní normy UIC Stage III B

Stage III B							
Kategorie	Výkon kW	Platnost	CO	HC	HC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
RC B	130 < P	2012	3,500	0,190	-	2,000	0,025
R B	130 < P	2012	3,500	-	4,000	-	0,025

Zdroj: EU a UIC

Posuzování emisí elektrických železničních vozidel (a tramvají a trolejbusů) je odlišné. Vlastní vozidla emise neprodukují, a tudíž se v místě realizace dopravního výkonu žádné škodliviny do ovzduší neuvolňují. Emise se uvolňují v místě produkce elektrické energie – v místě lokalizace elektrárny – pokud je to tepelná elektrárna. Je-li elektrická energie

produkována v jaderné elektrárně, nebo v elektrárně pracující s obnovitelnými zdroji energie tj. zejména vodní, větrné nebo solární, nevznikají emise ani při výrobě elektrické energie a jedná se tak z hlediska emisí o čistou dopravu; samozřejmě nepočítáme-li emise vzniklé při výrobě dopravních prostředků a výstavbě dopravní infrastruktury a emise prachových částic vznikajících otěrem pneumatik (jen trolejbusy), brzdového obložení, povrchu vozovek (jen trolejbusy) apod. Posuzování těchto emisí ale není obsahem tohoto příspěvku.

Jelikož elektrická energie není vyráběna pouze v jednom typu elektrárny, ale na její výrobě se podílí více typů elektráren. Již zmíněné jaderné, vodní, větrné a solární, ale zejména také elektrárny produkující emise – elektrárny tepelné, je potřeba při posuzování emisí elektrické trakce počítat s tzv. energetickým mixem – podílem jednotlivých typů elektráren na výrobě elektrické energie. Při spotřebě elektrické energie je nutné započítat také účinnost přenosové soustavy, a o tuto hodnotu navýšit spotřebu elektrické energie.

Tab. 6 – Energetický mix ČR v roce 2007

Typ elektrárny	Podíl na výrobě elektřiny
Parní uhelné elektrárny	64,30 %
Paroplynové, plynové a spalovací elektrárny	3,00 %
Vodní elektrárny	2,86 %
Jaderné elektrárny	29,70 %
Větrné elektrárny	0,13 %
Sluneční elektrárny	0,01 %

Zdroj: ERÚ

Tab. 7 – Účinnost přeměn zdrojů energie pro dopravní účely

	účinnost výroby
Elektrická energie (výroba + rozvod)	26,0 %
Motorová paliva (zpracování a rafinace ropy)	92,5 %

Zdroj: [5]

V případě výroby elektrické energie v tepelných elektrárnách jsou v rámci EU stanoveny limity jen pro SO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>.

Tab. 8 – Emise tepelných elektráren v g/kWh

	emise
SO <sub>2</sub>	8,6
NO <sub>x</sub>	2,9

Zdroj: Energetika 2/2002

### 3. POSUZOVANÁ TRASA

Pro posouzení emisí jednotlivých dopravních oborů účastnících se na dopravní obsluze území, byla vybrána příměstská linka krajského města s délkou 11,5 km, obsluhovaná 29 páry

autobusových spojů s průměrnou obsazeností 26,86 cestujících, tedy cca 1560 cestujících/den. Linka je situována v rovinném terénu, průměrná vzdálenost zastávek je cca 1,5 km.

### 3.1 Emise individuální dopravy

Pro posouzení je uvažován moderní osobní automobil se zážehovým motorem o zdvihovém objemu 1,4 l a kombinované spotřebě 6,6 l benzínu/100 km, splňující normu Euro 5. Uvažovaná obsazenost je 2 cestující (řidič + spolujezdec).

$$\text{Počet jízd } n = \frac{N}{C} \quad (1)$$

kde: N - počet cestujících;

C - počet cestujících přepravených 1 vozidlem při 1 jízdě

Pro obsluhu 1560 cestujících je potřeba vykonat 780 jízd.

$$\text{Celková ujetá vzdálenost } L = l \cdot n \text{ [km]} \quad (2)$$

kde: l – délka linky [km]

n – počet jízd

Celková ujetá vzdálenost tak bude  $780 \times 11,5 = 8970$  km. Při této ujeté vzdálenosti se spotřebuje:

$$\text{celková spotřeba paliva } B = L \cdot b \text{ [l]} \quad (3)$$

kde: L – celková ujetá vzdálenost [km]

b – spotřeba paliva na 1 km [l/km]

Celkem se spotřebuje  $8970 / 100 \times 6,6 = 592$  l benzínu.

Emise škodlivin osobního automobilu budou dle normy Euro 5 následující (dle vzorce [4]):

$${}^{km}E_i = e_i \cdot L \text{ [g]} \quad (4)$$

kde:  $e_i$  – emise i-tého polutantu [g/km]

L – celková ujetá vzdálenost [km]

- CO – 8970 g
- CH<sub>x</sub> – 897 g
- VOC – 610 g
- NO<sub>x</sub> – 538 g
- PM – 45 g.

### 3.2 Emise autobusů

Posuzovanou trasu obsluhuje 29 párů spojů vedených moderním autobusem o délce 12 m a hmotnosti v obsazeném stavu cca 20 t, splňujícím normu Euro V.

Výpočtem podle (1), (2), (3) autobus vykoná 58 jízd v celkové délce 667 km. Při jedné jízdě vykoná trakční práci cca 38 kWh, celkem tedy 2204 kWh. Výpočet trakční práce vychází ze zákonitostí trakční mechaniky a není součástí tohoto pojednání. Při této dopravní práci se uvolní emise ve výši:

$${}^{kWh}E_i = e_i \cdot A \text{ [g]} \quad (5)$$

kde:  $e_i$  – emise i-tého polutantu [g/kWh]  
A – celková vykonaná trakční práce [kWh]

- CO – 3306 g
- CH<sub>x</sub> – 1014 g
- NO<sub>x</sub> – 4408 g
- PM – 22 g.

Vzhledem k účinnosti přenosu výkonu autobusu cca 80 % je potřeba hodnoty navýšit.

- CO – 4132 g
- CH<sub>x</sub> – 1268 g
- NO<sub>x</sub> – 5510 g
- PM – 28 g.

### 3.3 Emise motorové železniční trakce

Uvažován je motorový vůz splňující normu UIC Stage IIIA, o výkonu 550 kW, s hydromechanickým přenosem výkonu, kapacitě 120 cestujících a hmotnosti v obsazeném stavu cca 80 t.

Tento motorový vůz na přepravu uvedeného počtu cestujících potřebuje minimálně 13 jízd (podle (1), (2), (3)), pro výpočet uvažujeme 14 jízd, tj. 7 párů vlaků.

Na uvedené rovinaté trati tento vůz při jedné jízdě vykoná dopravní práci cca 52 kWh, celkem tedy 728 kWh. Výpočet trakční práce vychází ze zákonitostí trakční mechaniky a není součástí tohoto pojednání. Při této dopravní práci se uvolní emise ve výši (podle (4)):

- CO – 2548 g
- HC+NO<sub>x</sub> – 2912 g
- PM – 146 g.

Hodnoty je opět potřeba navýšit vzhledem k účinnosti, která je u hydromechanického přenosu výkonu (jako v případě autobusu) cca 80 % následovně:

- CO – 3185 g
- HC+NO<sub>x</sub> – 3640 g, v grafu uvažováno rovnoměrně pro HC a NO<sub>x</sub>
- PM – 183 g.

### 3.4 Emise elektrické železniční trakce

Pro výpočet je uvažována moderní elektrická dvouvozová jednotka s výkonem 2000 kW vybavená rekuperací, hmotností 123 t v obsazeném stavu a se 180 místy k sezení.

Pro přepravu uvedeného množství cestujících musí podle (1) vykonat minimálně 9 jízd, pro výpočet je uvažováno se 10 jízdami.

Na uvedené trati jednotka při jedné jízdě vykoná dopravní práci 117 kWh a spotřebuje při ní 66 kWh elektrické energie (bez rekuperace by to bylo 134 kWh). Při 10 jízdách tedy potřebuje 660 kWh energie. Výpočet trakční práce vychází ze zákonitostí trakční mechaniky a není součástí tohoto pojednání.

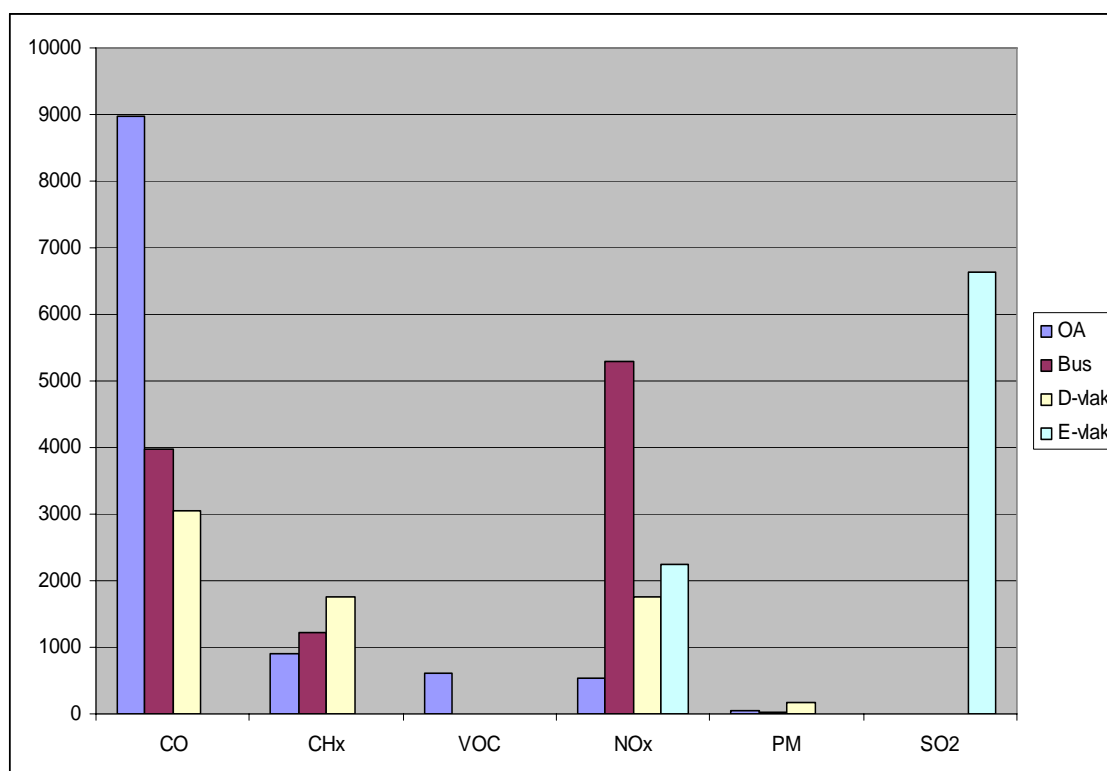
Na dodávku 660 kWh elektrické energie je potřeba při účinnosti výroby a distribuční energetické sítě 26 % vyrobit 1150 kWh elektrické energie. Při energetickém mixu ČR, kde na elektrárny uvolňující emise připadá cca 67 % výroby, odpovídá potřebné energii emisemi zatížený podíl ve výši 770 kWh.

Při výrobě elektrické energie v tepelné elektrárně připadají na výrobu 770 kWh elektrické energie emise ve výši:

- SO<sub>2</sub> – 6622 g
- NO<sub>x</sub> – 2233 g.

### 3.5 Porovnání emisí

Emise jednotlivých dopravních oborů podílejících se na pozemní přepravě osob uvádí následující obrázek.

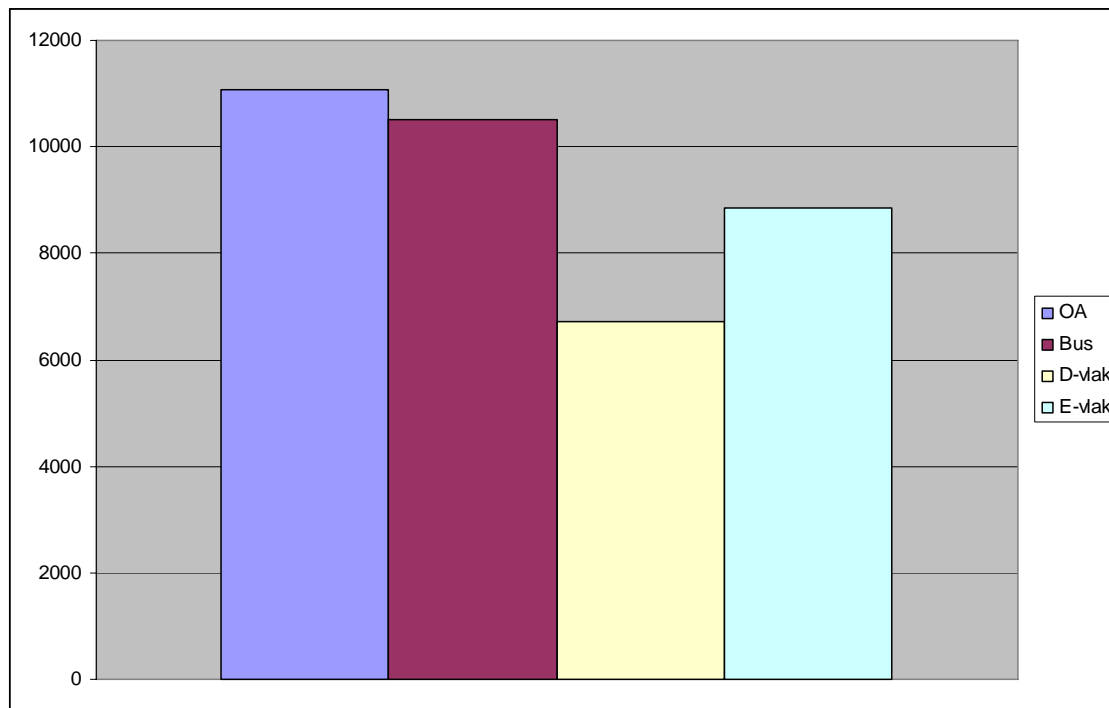


Zdroj: Autor

Obr. 1 – Emise jednotlivých polutantů na sledované lince



Vzhledem k rozdílným typům emisí jednotlivých vozidel, byly pro porovnatelnost vypočteny celkové emise sledovaných polutantů v [g], jako součet emisí příslušného dopravního prostředku.



Zdroj: Autor

Obr. 2 – Celkové emise v gramech na sledované lince

#### 4. ZÁVĚR

Byly vypočteny celkové emise sledovaných polutantů (v nichž chybí např. významný skleníkový plyn CO<sub>2</sub>) uvolněné do ovzduší při obsluze linky MHD jednotlivými typy dopravních prostředků. Jedná se o poměrně krátkou linku obsluhovanou autobusy, které frekvenčně plně vyhovují.

Výpočet prokázal, i na této pro železnici nepřiliš vhodné lince (časté zastavování, malá délka linky), že železnice, resp. kolejová doprava všeobecně, je jedním z ekologicky nejšetrnějších dopravních oborů. Tento vliv je významně podpořen možností rekuperace a možností využívání ekologicky čisté energie z obnovitelných nebo jaderných zdrojů. Naopak individuální automobilová doprava potvrdila svou ekologickou náročnost.

#### POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MRZENA, R.: *Železniční doprava a alternativní paliva a pohony*, in Vědeckotechnický sborník Českých drah, 2005, ISSN: 1214-9047.
- [2] MRZENA, R.: *Integrované dopravní systémy a alternativní paliva a pohony – cesta k udržitelnému rozvoji*, Žel 2005, Žilina 2005, ISBN: 80-8070-399-X.
- [3] MRZENA, R.: *Některé aspekty ovlivňující kvalitu integrovaných dopravních systémů*, sborník Konference Kvalita dopravních a přepravních procesů a služeb, Univerzita Pardubice 2004, ISBN: 80-7194-675-3.

- [4] GRAJA, M., MOJŽIŠ, V.: *Energetická náročnost, bezpečnost v dopravě a ochrana životního prostředí v kombinované dopravě silnice/železnice*, DFJP Pardubice, 1998.
- [5] ŠIMAN, P.: *Možnosti úspory trakční elektrické energie a motorové nafty závislé na železniční infrastruktuře*, in Vědeckotechnický sborník Českých drah, 2005, ISSN: 1214-9047.