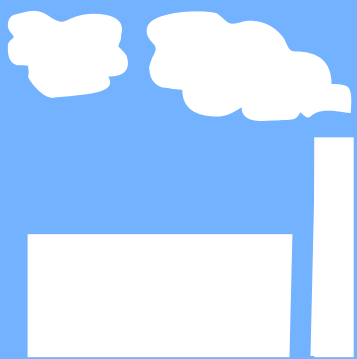


OCHRANA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



Ochrana životního prostředí**Ročník 2, číslo 2/2015****Zaměření časopisu:**

Časopis se zabývá hodnocením životního prostředí, zejména problematikou znečištění ovzduší a hluku, posuzování vlivů na životní prostředí (EIA, SEA) a koncepčního řešení ochrany životního prostředí. Prezentovány jsou projekty výzkumu a vývoje, metodiky a postupy hodnocení, výsledky odborných studií a aplikace geografických informačních systémů (GIS).

Vydává:

ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o.
Hvozdánská 2053/3, 148 01 Praha 4
IČ: 27181278, DIČ: CZ27181278
<http://www.atem.cz/casopis>

vychází 2× ročně
ISSN: 2336-6753

Redakční rada:

Mgr. Jan Karel (předseda)
Mgr. Radek Jareš
Ing. Josef Martinovský
Ing. Václav Píša, CSc.
Mgr. Robert Polák
Ing. Eva Smolová

Šéfredaktor: Ing. Eva Smolová
e-mail: casopis@atem.cz
tel.: +420 271 192 130

OBSAH

Modelování šíření prachu z pozemní komunikace (Šíp, Řezníček, Beneš)	3
Tvorba modelu emisních projekcí (Machálek, Hnilicová, Dvořáková, Nevečeřal, Modlík, Haboňová, Neužil, Potočka, Dědina)	7
PREIMOS – emisně-imisní model ČR pro ArcGIS (Kafka, Karel, Jareš)	16
Historický vývoj produkce emisí z automobilové dopravy (Krkošková, Polák)	23
Výzkum dynamické skladby vozového parku na silniční síti v ČR a jeho emisních parametrů (Krkošková, Martinovský, Smolová)	36

MODELOVÁNÍ ŠÍŘENÍ PRACHU Z POZEMNÍ KOMUNIKACE

Viktor Šíp*, Hynek Řezníček, Luděk Beneš

Ústav technické matematiky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze. *e-mail: viktor.sip@fs.cvut.cz

Abstrakt

V předloženém článku se zabýváme vlivem vegetačních bariér na šíření pevných částic ze silniční komunikace. CFD řešič pro nestlačitelného proudění v mezní vrstvě atmosféry je aplikován na 2D model silnice s přilehlým vegetačním blokem. Zdrojový člen modelující vliv vegetace na proudové pole je přidán do hybnostních rovnic. Přenos pevných částic je popsán rovnicí advekce-difuze zahrnující spádovou rychlost částic i ukládání částic na vegetaci. Rozložení koncentrace pevných částic je porovnáno pro dvě varianty, variantu bez vegetace a variantu s vegetací.

Úvod

Polétavé pevné částice mají prokázaný negativní vliv na lidské zdraví. Jedním z jejich významných zdrojů, zejména v městských oblastech, jsou silniční komunikace. Projíždějící vozidla způsobují emise částic, a to skrze výfukové plyny, obrusem pneumatik a povrchu vozovky či zvířením usedlého prachu. Jednou z navrhovaných variant na omezení šíření pevných částic jsou vegetační bariéry vysazené kolem silničních komunikací. Přesná kvantifikace jejich vlivu je ale obtížná, a to kvůli složitým a různorodým geometriím oblastí poblíž silnic, ale i kvůli množství fyzikálních procesů ovlivňujících šíření pevných částic. Modelování pomocí metod CFD (Computational Fluid Dynamics) je tak užitečným nástrojem pro zhodnocení vlivu navrhovaných bariér.

Tématem depozice pevných částic na vegetaci a jejím modelování se zabývá řada článků z posledních let. Popisu fyzikálních procesů depozice a existujících modelů se věnuje (Petroff et al. 2008). (Litschke a Kuttler 2008) a (Janhäll 2015) se zaměřují na vegetaci v městském prostředí. Modelováním zachytu částic v reálné situaci a porovnáním s měřením se zabývá (Steffens et al. 2012) či (Tiwary et al. 2005).

Cílem řešeného projektu je vývoj numerického řešiče pro modelování šíření prachu z dopravních komunikací a jeho aplikace na zhodnocení účinnosti vegetačních bariér pro širokou škálu atmosférických podmínek a geometrických konfigurací. V předloženém článku popisujeme vyvíjený řešič a jeho aplikaci na základní případ silnice a přilehlé vegetační bariéry v rovině.

Fyzikální popis problému

Proudění vzduchu je popsáno RANS rovnicemi nestlačitelného proudění: rovnicí pro tlak, odvozené z požadavku nestlačitelnosti proudění, rovnicemi pro vektor rychlosti odvozenými ze zákona zachování hybnosti, a rovnicí pro potenciální teplotu.

Šíření pevných částic je popsáno rovnicí advekce-difuze pro hustotu pevných částic ve vzduchu. Do rovnice je doplněna spádová rychlost částic s poloměrem d a hustotou ρ_p

$$u_s = \frac{d^2 \rho_p g C_c}{18\mu},$$

kde C_c je Cunninghamův koreční faktor, μ je dynamická viskozita vzduchu a g gravitační konstanta.

Pro modelování turbulence je použit algebraický model podle (Blackadar 1962). Rovnice jsou řešeny v in-house výpočetním programu založeném na metodě konečných objemů. Je použita prostorová diskretizace druhého řádu přesnosti pomocí lineární rekonstrukce a výpočtu gradientů metodou nejmenších čtverců. Pro diskretizace v čase je použita metoda BDF2.

Popis a modelování vegetace

Při modelování bariéry vycházíme z předpokladu horizontálně homogenní vegetace. Vertikální rozložení olistění je určeno tzv. LAD (Leaf Area Density) profilem, popisující listovou plochu na jednotku objemu v dané výšce. Zde jsme zvolili zjednodušený tvar,

$$\text{LAD}(y) = \begin{cases} \frac{4y}{3h} & \text{pro } y \leq \frac{3}{4}h, \\ 4 - 4\frac{y}{h} & \text{pro } y > \frac{3}{4}h, \end{cases},$$

kde $h = 15\text{m}$ je výška vegetace.

V modelu jsou zohledněny dva efekty vegetačního bloku. Zaprvé je to aerodynamický efekt: vegetační blok slouží jako překážka proudění a proud zpomaluje či odchyluje. Tento efekt je popsán přidaným členem v rovnicích hybnosti,

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -\rho C_d \text{LAD} |\mathbf{u}| \mathbf{u},$$

kde \mathbf{u} je vektor rychlosti, ρ je hustota vzduchu a C_d koeficient odporu. Ten pro vegetaci typicky nabývá hodnot 0,1 až 0,3 (Katul et al. 2004), zde je zvolena hodnota 0,3.

Druhým efektem vegetace je záchyt pevných částic na listech a větvích. Tento jev je modelován přidaným členem v rovnici pro hustotu částic ve vzduchu,

$$\frac{\partial \rho w}{\partial t} = -\text{LAD} u_d \rho w.$$

Kde w je hmotnostní podíl částic a vzduchu a u_d je tzv. depoziční rychlost. V hodnotě depoziční rychlosti jsou reflektovány čtyři základní procesy, kterými jsou částice přenášeny ze vzduchu na plochu listů: Brownovská difuze, intercepce (záchyt částice letící podél listu), impakce (dopad částice na list vlivem setrvačnosti) a spád vlivem gravitace (Litschke a Kuttler 2008, Petroff et al. 2008). Její hodnota závisí na vlastnostech částice, vlastnostech vegetace i rychlosti proudu, zde jsme pro jednoduchost zvolili konstantní hodnotu $u_d = 1 \text{ cm/s}$.

Modelovaná úloha

Zde prezentujeme zjednodušený 2D model silnice a vedle stojícího vegetačního bloku. Čtyři zdroje pevných částic jsou umístěny ve vzdálenosti 23 až 42 metrů od vstupu do domény ve výšce 0,8 metru. Zdroje mají intenzitu $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Modelované částice jsou velikosti $10 \mu\text{m}$ a hustoty $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$. Ve vzdálenosti 50 metrů od vstupu (8 metrů od posledního zdroje) je umístěn vegetační blok délky 30 metrů a výšky 15 metrů. Pro porovnání byla spočtena varianta bez vegetace i s vegetací.

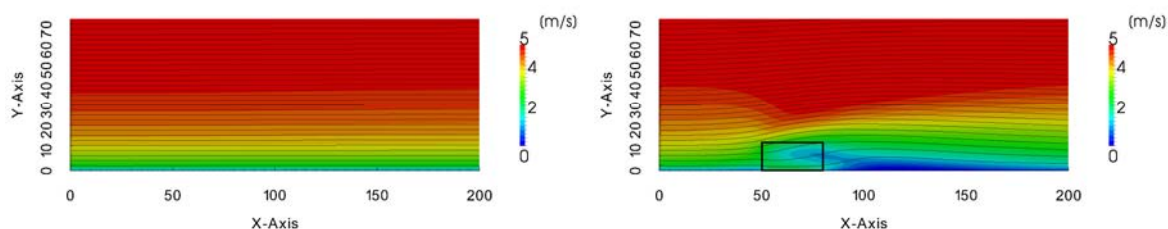
Doména má rozměry $300 \text{ m} \times 150 \text{ m}$ a použitá výpočetní síť má 300×120 buněk, zahuštěných směrem k zemi.

Na vstupu je předepsán logaritmický profil větru s rychlostí 5 m/s ve výšce 50 metrů. Předpokládáme slabě stratifikovanou atmosféru s konstantní teplotou 20 °C na vstupu.

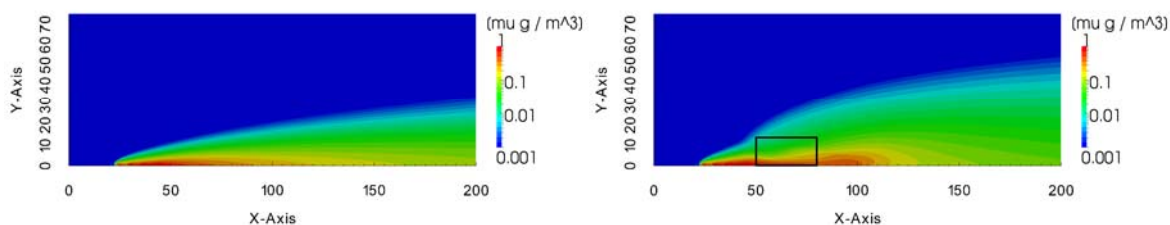
Výsledky

Na obr. 1 jsou zobrazeny proudnice a velikost rychlosti v části výpočetní domény ve variantě s vegetací i bez vegetace. Pro variantu s vegetací lze pozorovat výrazné zpomalení proudu uvnitř bloku i za ním. Vegetační blok zároveň vychyluje proud vzduchu do vyšších vrstev. Obr. 2 zobrazuje hustotu pevných částic ve vzduchu pro oba počítané případy. Proud vychýlený vegetací unáší zplodiny do vyšších vrstev, a tak napomáhá jejich rychlejšímu rozptýlu. Samotné zachycení částic ve vegetaci je oproti tomuto jevu v tomto případě méně významné.

Obr. 1. Proudnice a velikost rychlosti pro model bez vegetace (vlevo) a s vegetací (vpravo)



Obr. 2. Hustota částic pro model bez vegetace (vlevo) a s vegetací (vpravo).



V tabulce 1 jsou uvedeny spočtené hodnoty hustot částic ve vzduchu ve vzdálenosti 250 metrů od vstupu, tj. 170 metrů za koncem vegetačního bloku, a to ve výšce 2 a 10 metrů. Celkový efekt vegetace je vyjádřen poměrem hustot ve variantě s vegetací a bez vegetace, přičemž čím nižší je tato hodnota, tím větší je schopnost vegetace částice pohltit či odklonit. Hodnota 1 naopak znamená nulový efekt. Výsledné hodnoty kolem 0,7 jsou zde způsobeny především odklonem částic do vyšších vrstev, ale částečně i záchytem uvnitř vegetace.

Tab. 1. Hustota částic a podíl hustot ve vzdálenosti 250 m od vstupu

Výška	Bez vegetace	S vegetací	S vegetací/Bez vegetace
2 m	0,0793 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0509 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,67
10 m	0,0531 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0391 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,77

Závěr

Předložená metoda umožňuje zhodnotit vliv vegetačních bariér na šíření zplodin ze silničních komunikací v jednoduchých i složitějších geometrických konfiguracích a při proměnlivých atmosférických podmínkách. Detailní prozkoumání vlivu atmosférických podmínek je dalším cílem pokračujícího projektu, stejně jako posouzení vlivu různých geometrií vegetační bariér. Naplánované porovnání s měřením umožní model validovat oproti datům z reálných situací.

Současný model je možné dále vylepšovat: konstantní depoziční rychlost lze nahradit detailnějším modelem, který zohlední všechny fyzikální procesy podílející se na ukládání pevných částic. V modelu byl zanedbán vliv vegetace na úroveň turbulence. Též vliv projíždějících vozidel na úroveň turbulence byl zanedbán.

Poděkování

Projekt TD020357 „Optimalizace výsadeb dřevin pohlcujících prachové částice“ je řešen s finanční podporou Technologické agentury ČR.

Literatura

- Blackadar A. K. (1962): The vertical distribution of wind and turbulent exchange in a neutral atmosphere. *J. Geophys. Res.* 67(8), s. 3095–3102.
- Janhäll. S. (2015): Review on urban vegetation and particle air pollution - deposition and dispersion. *Atmos. Environ.* 105, s. 130–137.
- Katul G. G., Mahrt L., Poggi D. and Sanz C. (2004): One- and two-equation models for canopy turbulence. *Bound. Layer Meteorol.* 113, s. 81–109.
- Litschke T. and Kuttler W. (2008): On the reduction of urban particle concentration by vegetation - a review. *Meteorol. Z.* 17, s. 229–240.
- Petroff A, Mailliat A., Amielh M., and Anselmet F. (2008): Aerosol dry deposition on vegetative canopies. Part I: Review of present knowledge. *Atmos. Environ.* 42, s. 3625–3653.
- Steffens J. T., Wang Y. J., and Zhang K. M. (2012): Exploration of effects of a vegetation barrier on particle size distributions in a near-road environment. *Atmos. Environ.* 50, s. 120–128.
- Tiwary A., Morvanb H. P. and Colls J. J. (2005): Modelling the size-dependent collection efficiency of hedgerows for ambient aerosols. *Aerosol Science* 37, s. 990–1015.

TVORBA MODELU EMISNÍCH PROJEKČÍ

Pavel Machálek¹, Helena Hnilicová¹, Ilona Dvořáková¹, Rostislav Nevečeřal¹, Miloslav Modlík¹, Jitka Haboňová¹, Vladimír Neužil², Zdeněk Potočka³, Martin Dědina⁴

¹⁾ ČHMÚ, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4, e-mail: machalek@chmi.cz

²⁾ KONEKO marketing s.r.o., Sojovická 2, 197 00 Praha 9

³⁾ VUPEK-ECONOMY, s.r.o., Sokolovská 40, 186 00 Praha 8

⁴⁾ VÚZT, v.v.i., Drnovská 507, 161 01 Praha 6

Úvod

V průběhu let 2011 – 2014 probíhalo řešení veřejné zakázky TAČR programu ALFA s názvem „Podrobný emisně-imisní model ČR pro současný stav a výhled do roku 2030 a nástroje pro podporu rozhodování v oblasti ochrany ovzduší“. Hlavním řešitelem zakázky byla společnost ATEM - Ateliér ekologických modelů, s. r. o., Český hydrometeorologický ústav byl spolupříjemcem. Na řešení se na straně spolupříjemce podílelo vedle pracovníků oddělení emisí a zdrojů ČHMÚ několik dalších institucí a konzultantů. Logická stavba řešení projektu zahrnovala nejprve přípravu datové sady pro startovací rok 2010, následně její aktualizaci pro výhledy let 2020 a 2040 a v závěru vytvoření parametrických rovnic pro model emisních projekcí a jednoduchého SW pro jejich použití. Sestavená emisní sada pro roky 2020 a 2040 se stala součástí základního výstupu modelu emisní projekce a zároveň je možné tyto údaje pomocí obměny parametrických rovnic zabudovaných v jednoduchém SW na bázi MS Excel modifikovat. Diference od základního scénáře je možné vytvářet procentní nebo absolutní odchylkou scénáře vývoje použitého pro vytvoření základního výstupu projekce, nebo přímým vložením vlastních hodnot pro cílové roky. Modifikovat lze základní vstupní parametry, tj. standardní socioekonomické ukazatele jako jsou např. HDP nebo počet obyvatel, nebo specifické parametry, např. délku topné sezóny vyjádřenou počtem denostupňů. Vložené emise pro startovací rok 2010 i vypočtené emisní projekce podle základního nebo modifikovaného scénáře let 2020 a 2040 lze následně konvertovat do podoby vstupních údajů pro modelování kvality ovzduší. Tato část zakázky byla zajišťována hlavním řešitelem.

Hlavním výstupem emisní části projektu bylo kompletní zpracování rozsáhlé prognózní databáze zdrojů znečišťování a její napojení na otevřený systém, který umožní do sestavy v budoucnu vstupovat a aktualizovat ji o nové skutečnosti (např. odstavení významného zdroje, změna trasy komunikace, apod.). V imisní části řešení projektu bude vytvořená prognózní databáze vstupem při modelování různých scénářů vývoje úrovně znečištění.

Součástí řešení byl rovněž dílčí cíl (etapa E003, která je součástí dílčího cíle etapy 3.3.2. „Emisní a imisní prognózy – roky 2020, 2040“), jehož výstupem byla v roce 2013 emisní databáze pro bodové a plošné zdroje s emisemi znečišťujících látek SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzen a benzo(a)pyren pro roky 2020 a 2040. Vzhledem k tomu, že řešení v r. 2013 již bylo realizováno s využitím legislativních nálezitostí vyhlášky č. 415/2012 Sb. k zákonu o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., staly se tyto výstupy vítanou ukázkou odhadu dopadů nové emisní vyhlášky na budoucí produkci emisí zdrojů vyjmenovaných v příloze č. 2 k zákonu. Příspěvek zaobírající se tímto tématem byl již prezentován (Machálek et al. 2014).

Přístup k řešení

Kvalita ovzduší je v České republice dlouhodobě vyhodnocována jako špatná, a to i přes výrazné zlepšení, ke kterému došlo především koncem devadesátých let a na přelomu století. Trendy několika posledních let ukazují, že úroveň vypouštěných emisí spojená s remisemi zejména prachových částic vede zpravidla již při mírně zhoršených klimatických podmínkách k překračování závazných limitů kvality ovzduší a tím k riziku zhoršení životního prostředí nejen pro lidskou populaci, ale také pro některé ekosystémy.

Při hledání nápravných opatření je nezbytná dostupnost dostatečně kvalitních a obsáhlých informací nejen o aktuálním stavu zdrojů znečišťování ovzduší a o jejich vlivu na kvalitu ovzduší, ale také o předpokladech vývoje v horizontu několika let i desetiletí. Při vzniku koncepčních dokumentů, ať už v oblasti územního plánování, energetiky nebo dopravy, je zapotřebí brát ohled na možné ovlivnění kvality životního prostředí, v němž ovzduší hraje pravděpodobně tu nejzásadnější úlohu. Rovněž je zapotřebí mít k dispozici nástroje, pomocí nichž je možné např. dílčí výhledové informace transformovat do komplexních, sektorových nebo územně členěných projekcí, které naznačují předpokládaný směr vývoje dané oblasti.

Prvním výstupem nezbytným pro nastavení základní srovnávacího období důležitého pro tvorbu rozdílových map modelovaných imisních koncentrací bylo provedení podrobného modelování roku 2010. V rámci dílčí projektové úlohy byla zpracována kompletní sada emisních dat pro stacionární zdroje, vč. parametrů vypouštěných emisí. S využitím platných i předpokládaných legislativních náležitostí a očekávaného vývoje socio-ekonomických parametrů byla následně zpracována obdobná sada emisních dat pro stacionární zdroje pro výhledové roky 2020 a 2040. Tato sada údajů byla použita pro modelování základního stavu imisních koncentrací v cílových letech 2020 a 2040. Současně byly pro vybrané údaje vytvořeny závislosti, podle nichž lze s využitím jednoduchého SW modifikovat vypočtené emise cílových let.

Pro základní i cílové roky byla sada emisních dat stacionárních zdrojů rozdělena na bodové a plošné podle způsobu, jaký byl použit pro vstupní údaje modelu výpočtu imisních koncentrací. V obou skupinách zdrojů lze provádět modifikace emisních údajů, ve skupině bodových zdrojů lze modifikovat i technické parametry vypouštění emisí, např. budoucí změnu výšky výduchu zdroje.

Velmi důležitou součástí přístupu k řešení zakázky byl záměr, vytvořit při řešení etapy nazvané „Tvorba uživatelského rozhraní a modelové aplikace“ jednoduchý SW nástroj, který by umožňoval modifikaci základní nastavené úrovně emisí v cílových letech 2020 a 2040. Byly zvoleny změnové parametry, které byly zabudovány zpravidla do lineárních rovnic umožňujících následné výpočty emisí za podmínek, odlišných od základního nastavení. Důvodem upřednostnění jednoduché závislosti před složitějšími matematickými vztahy byla mj. snaha nerozšiřovat vstupní socio-ekonomické parametry výpočtu základní úrovně emisí v letech 2020 a 2040. Hlavním důvodem bylo ale zjištění, že pro historický vývoj emisí tak jak je zaznamenán cca od r. 1990 lze u většiny znečišťujících látek jen obtížně sestavit funkci, popisující závislosti změn (zpravidla poklesu) množství emisí na vývoji parametrů jako je HDP, zpracování kovů a nerostných surovin, spotřeba energií, apod. Toto omezené řešení je částečně kompenzováno možností, vložit do výsledků výpočtu emisí u významných zdrojů v letech 2020 a 2040 vlastní modifikované hodnoty a s jejich využitím provést modelování očekávaných imisních koncentrací.

Etapy řešení zakázky

V rámci první a druhé dílčí projektové úlohy byly zpracovány emise individuálně evidovaných stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO 1, REZZO 2) a hromadně sledovaných malých zdrojů vč. lokálního vytápění za rok 2010. Základním zdrojem informací pro řešení byly údaje databáze REZZO, rozšířené o údaje získané rešerší týkající se především plošných zdrojů znečišťování, které ještě nebyly v tomto období standardně zařazeny do emisní inventury. Nezbytnou součástí zpracování byly kontrolní procedury, nasazené nejen na vlastní emisní údaje, ale rovněž na doprovodné technické údaje významné pro následné zpracování a využití pro modelování kvality ovzduší. Z údajů získávaných standardně v rámci plnění povinností provozovatelů stacionárních zdrojů, ze statistických podkladů a z výstupů rešerší byly sestaveny tabulkové výstupy, zahrnující roční emise sledovaných škodlivin (jednotlivé výduchy bodově sledovaných zdrojů, plošné emise na úrovni obcí a městských částí, popř. krajů), technické parametry vypouštěných emisí, parametry komínů a výduchů a provozní hodiny zdrojů, produkujících emise. Výběr znečišťujících látek byl v souladu se zadáním omezen na ty, u nichž dochází k překračování imisních limitů (PM₁₀, PM_{2,5}, benzen, benzo(a)pyren, SO₂, NO_x).

V rámci třetí dílčí projektové úlohy byly emise zdrojů ve shodném rozsahu individuálně evidovaných stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO 1, REZZO 2) a hromadně sledovaných malých zdrojů vč. lokálního vytápění za rok 2010 aktualizovány na stav cílových let 2020 a 2040. Výzkumný úkol řešený v rámci etapy zaměřené na emisní a imisní prognózy neměl stanoven jako hlavní cíl řešení provedení reálné projekce emisní a imisní situace, založené na co nejaktuálnějších předpokladech. Přesto se jeho součástí staly specifické studie, zaměřené na využití aktuálních dostupných legislativních a technických informací i administrativních postupů, s cílem přiblížit provedenou projekci očekávaným předpokladům. Součástí řešení projekce emisí stacionárních zdrojů bylo:

- individuální šetření výhledu provozu významných zdrojů a jejich emisí v horizontu let 2020 a 2040
- stanovení dopadu Směrnice o průmyslových emisích na vývoj emisí stacionárních zdrojů
- stanovení parametrů vývoje socio-ekonomických ukazatelů pro méně významné individuálně evidované stacionární zdroje a pro plošné zdroje
- výpočty emisí všech stacionárních zdrojů v zadaných horizontech.

Výstupy řešení dílčí etapy byly realizovány sestavením:

- emisní databáze pro bodové zdroje s emisemi znečišťujících látek SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzen, benzo(a)pyren pro roky 2020 a 2040,
- emisní databáze pro malé (plošné) zdroje s emisemi znečišťujících látek SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, benzen, benzo(a)pyren pro roky 2020 a 2040.

Metodika řešení pro skupinu bodově sledovaných zdrojů byla založena především na výpočtu poměru stávajících a očekávaných koncentrací znečišťujících látek významných skupin zdrojů (např. pro sektor Energetiky, Výroby a zpracování kovů, Rafinerie ropy, atd.) a následné využití zjištěných poměrů a údajů o vývoji odvětví k odhadu emisí pro výhledové roky. U méně významných zdrojů byly odhady emisí provedeny především z podkladů o předpokládaném vývoji socio-ekonomických parametrů.

Bodově sledované zdroje

Pro skupinu bodově sledovaných skupin zdrojů byly podklady pro prognózní databázi zpracovány s využitím několika podpůrných studií, zaměřených na projekci emisí LCP (významných spalovacích zdrojů), projekci emisí spalovacích zdrojů s příkonem do 50 MW a projekci emisí technologických zdrojů.

Zařízení ke spalování paliv o celkovém jmenovitém tepelném příkonu 50 MW a vyšším, bez ohledu na typ použitého paliva, jsou podle směrnice č. 2010/75/EU o průmyslových emisích (dále jen směrnice IED) zařazována jako zdroje LCP (Large Combustion Sources – významné spalovací zdroje). Jedná se převážně o veřejnou energetiku, tj. zařízení pro výrobu tepla a elektrické energie, dále o zařízení s výrobou tepla pro vlastní (vnitrozávodní) spotřebu. Výrazný pokles emisí SO₂, NO_x a TZL těchto zdrojů oproti roku 2010 je zajištěn evropskou legislativou. Od roku 2016 mají zařízení povinnost plnit emisní limity podle přílohy č. V směrnice IED, které zpřísňují původní limity uvedené ve směrnici č. 2001/80/ES závislé na jmenovitém tepelném příkonu a typu paliva. U většina zařízení (cca 300 kotlů) bylo v době řešení projektu předpokládáno využití Přechodného národního plánu (PNP), který umožňuje stacionárním spalovacím zdrojům spadajícím pod směrnici IED odložit plnění nových emisních limitů pro SO₂, NO_x a TZL až do 1. července 2020. V roce 2020, pro který je cílem stanovit odhad snížení emisí, mají všechny zdroje uplatňující PNP plnit nové emisní limity. Zařízení, pro něž se předpokládá využití přechodného režimu pro CZT, mohou plnění nových emisních limitů odložit do konce roku 2022 a proto bylo pro rok 2020 uvažováno snížení emisí pouze o 10 %. Přechodný režim pro zdroje s omezenou životností nebude v ČR uplatněn. Dále byla brána v úvahu další opatření zjištěná v rámci individuálních šetření, tj. změny paliv, odstavení kotlů, snížení příkonu nebo zavedení nových opatření pro snížení emisí. Pokud některé ze zdrojů dosud nepožádaly o žádný z přechodných režimů, předpokládá se, že budou v roce 2020 plnit nové emisní limity. V roce 2040 budou nové emisní limity plnit všechna zařízení LCP. V tabulce 1 jsou uvedeny výsledné vypočtené emise ze spalovacích zdrojů o jmenovitém tepelném příkonu nad 50 MW v letech 2020 a 2040.

Tab. 1. Projekce emisí ze spalovacích zdrojů o jmenovitém tepelném příkonu nad 50 MW v letech 2020 a 2040 v porovnání se stavem v roce 2010

Znečišťující látka	2010	2020	2040
	[t/rok]		
SO ₂	116 454	36 845	36 614
NO _x	92 491	37 526	37 657
PM _{2,5}	2 251	786	783
PM ₁₀	3 193	1 098	1 094

Projekce emisí spalovacích zdrojů příkonu do 50 MW se opírala především o v době řešení nové poznatky o předpokládaném snižování emisí, uvedené v návrhu Směrnice k omezení emisí spalovacích zdrojů nižších výkonů - „Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from medium combustion plants“. Pro jednotlivé zdroje byl proveden přepočítání emisí vykazovaných v roce 2010 na koncentrace za pomoci Rosin-Fehlingových vztahů (Dvorský a Hejtmánková 2005). Vypočtené koncentrace byly porovnány s emisními limity podle návrhu směrnice a byl stanoven koeficient pro snížení emisí. V tabulce 2 jsou uvedeny výsledné vypočtené emise ze spalovacích zdrojů o jmenovitém tepelném výkonu 1 - 50 MW v letech 2020 a 2040.

Tab. 2. Projekce emisí ze spalovacích zdrojů o jmenovitém tepelném příkonu cca 1 - 50 MW v letech 2020 a 2040 v porovnání se stavem v roce 2010

Znečišťující látka	2010	2020	2040
	[t/rok]		
SO ₂	30 188	24 999	14928
NO _x	25 269	21 175	13227
PM _{2,5}	983	846	580
PM ₁₀	1 373	1 170	777

Další podpůrná externí studie (KONEKO, s.r.o.) byla zaměřená na významné technologické zdroje, u nichž byly emise odhadovány buď na základě platných legislativních požadavků, nebo na základě výhledu popsaného v platných integrovaných povoleních, nebo s využitím údajů, odpovídajících současným možnostem snižování emisí popsaným v tzv. referenčních dokumentech o nejlepších dostupných technikách (BREF dokumenty) pro jednotlivé kategorie zařízení. S využitím informací databáze REZZO za rok 2010 byly vybrány nejvýznamnější bodově sledované technologické zdroje z celého území ČR a byl vyhodnocen jejich podíl na znečišťování ovzduší v porovnání s dalšími evidovanými skupinami zdrojů (hromadně sledované zdroje, vytápění domácností, doprava). Následně byl vyhodnocen aktuální stav úrovně znečišťování za roky 2011 a 2012. Byly tak získány dílčí trendy změny úrovně znečišťování ovzduší u významných průmyslových podniků v posledním období, porovnatelné s vývojem aktivitních údajů. Posuzována byla zejména roční produkce emisí ve vztahu k dosahovaným výrobním kapacitám a pozornost byla věnována významnějším změnám trendů. Parametry, které by mohly ovlivnit vývoj emisí jednotlivých zdrojů nebo celého odvětví v předpokládaném výhledu let 2020 a 2040, byly odvozovány s využitím výše uvedených informací. Následným krokem bylo porovnání stávajících dosahovaných koncentrací s emisními limity platnými v předpokládaném výhledu, tzn. především s emisními limity a technickými podmínkami provozu stanovenými v příloze č. 8 k vyhlášce č. 415/2012 Sb. pro období od r. 2016 nebo limity stanovenými pro delší období v integrovaných povoleních hodnocených významných zdrojů. Pomocí poměrů stávajících a budoucích koncentrací a s využitím údajů o předpokládaných produkcích byly následně vypočítány emisní příspěvky vybraných zdrojů pro výhledové období. Pro horizont roku 2040 byly rovněž využity dokumenty, které jsou součástí koncepce „The Clean Air Policy Package“, získané na internetových stránkách Evropské Komise v prosinci 2013. Pomocí těchto údajů byla pro každou sledovanou znečišťující látku stanovena procentní změna emise nebo měrné výrobní emise nebo ohlášené koncentrace pro rok 2020 a 2040. Zároveň byly ke každé skupině výrob (železo a ocel, nerostné suroviny, zpracování ropy, apod.), s využitím dílčích informací získaných z koncepční dokumentů nalezených na internetových stránkách jednotlivých podniků, resortních ministerstev, popř. krajských úřadů, stanoveny koeficienty rozvoje odvětví (předpokládaný pokles nebo nárůst).

U nejvýznamnějších emisních zdrojů byly výše uvedeným postupem odhadovány emise za každou technologickou operaci zpravidla na úrovni jednotlivých zdrojů, vykazovaných v souhrnné provozní evidenci podle přílohy č. 7 k vyhlášce 205/2009 Sb. (účinné v období sběru údajů pro databázi REZZO za roky 2010 – 2012). Středně závažné skupiny zdrojů byly posuzovány po celých sektorech, tzn. např. pro výrobu cementu byl stanoven koeficient růstu výroby a ten byl uplatněn na všechny cementárny shodným způsobem. Pokud byl u některé z cementáren v rámci integrovaného povolení stanoven emisní strop, nebo jiná podmínka omezující emise, byl takový údaj ve výpočtovém schéma uplatněn u procentní změny emise proti základnímu roku 2010. Vyhodnocení vývoje emisí za jednotlivé sektory je uvedeno v tabulkách 3 – 6.

Tab. 3. Porovnání emisí za období let 2010, 2020 a 2040 pro sektor výroby železa a oceli (vč. výroby koksu)

Znečišťující látka	2010	2020	2040
	[t/rok]		
TZL	2 180,6	959,0	762,7
PM ₁₀	1 464,79	638,50	522,3
PM _{2,5}	890,85	371,03	326,7
SO ₂	3 582,8	2 252,2	1 910,6
NO _x	4 010,1	2 365,7	2 001,9
CO	113 150	105 784	90 326
VOC	168,9	124,7	125,2
B(a)P	0,955	0,322	0,268

Tab. 4. Porovnání emisí za období let 2010, 2020 a 2040 pro sektor zpracování ropy

Znečišťující látka	2010	2020	2040
	[t/rok]		
SO ₂	8 533,6	7 210,7	3 847,8
TZL	44,18	38,94	39,32
NO _x	3 846,4	3 441,0	3 223,1

Tab. 5. Porovnání emisí za období let 2010, 2020 a 2040 pro sektor výroby skla

Znečišťující látka	2010	2020	2040
	[t/rok]		
TZL	2 180,6	959,0	762,7
VOC	168,9	124,7	125,2
B(a)P	0,955	0,322	0,268

Tab. 6. Porovnání emisí za období let 2010, 2020 a 2040 pro sektor výroby cementu

Znečišťující látka	2010	2020	2040
	[t/rok]		
TZL	123,8	130,7	111,0
PM ₁₀	64,52	68,06	49,1
PM _{2,5}	20,62	21,72	15,6
SO ₂	488,6	630,0	381,8
NO _x	3 915,2	3 597,8	2 268,2
CO	4 832,7	5 610,8	4 535,8
VOC	106,2	140,8	113,8

Plošně evidované zdroje

Obdobně jako pro bodové zdroje byly odhady emisí v cílových letech zpracovány pro plošně sledované skupiny zdrojů s využitím několika podpůrných externích studií. První z nich se zabývala projekcí emisí z vytápění domácností. Pro výpočet emisí z lokálního vytápění domácností v letech 2020 a 2040 byla použita aktualizovaná sestava emisních faktorů, zpracovaná podle metodiky VEC VŠB

(Hopan a Horák 2013). Při projekcích spotřeb paliv bylo uvažováno snížení potřeby tepla na vytápění vlivem dalšího zateplování domů. Pro odhad skladby spalovacích zařízení v domácnostech v roce 2020 a 2040 byla využita další studie zpracovaná společností VUPEK-ECONOMY, s. r.o. Studie vyhodnocuje vliv zákona č. 201/2012 Sb., který zavádí minimální emisní požadavky na spalovací zdroje o jmenovitém tepelném příkonu 300 kW a nižším, na výslednou skladbu těchto spalovacích zařízení v domácnostech. Ke změnám ve skladbě těchto zařízení bude docházet od roku 2014, kdy mohou být na trh dodávány pouze kotle splňující 3. emisní třídu. Dalším časovým horizontem je rok 2018, kdy mohou být na trh dodávány pouze kotle splňující 4. emisní třídu. Přelomovým časovým horizontem bude rok 2022 – od tohoto roku mohou být provozovány pouze kotle splňující minimálně 3. emisní třídu. Kotle, které těmto požadavkům nevyhoví, budou muset být odstaveny. Změnám ve skladbě spalovacích zařízení budou odpovídat i změny ve skladbě dodávaných paliv. Výstupem studie byly odhady skladby spalovacích zařízení v domácnostech pro rok 2011 a po roce 2022.

Projekce emisí PM₁₀ a PM_{2,5} z polních prací a z chovů hospodářských zvířat připravil Výzkumný ústav zemědělské techniky (VÚZT, v.v.i.). Studie se zaměřuje na vývoj emisí PM₁₀ a PM_{2,5} ze zemědělské činnosti v podmínkách ČR do roku 2020 a roku 2040. Do roku 2020 nejsou očekávány výrazné změny ve struktuře produkovaných plodin oproti současnému stavu, proto nedojde ani k výrazné změně v emisích v tomto sektoru. Mezi roky 2020 a 2040 je očekáván mírný nárůst emisí vlivem započtení vyššího podílu obilovin. Emise z chovů hospodářských zvířat jsou v současné době vlivem nízkého počtu chovaných zvířat na historickém minimu. V dalších letech je očekáván nárůst emisí, který bude částečně kompenzován aplikací moderních technologií určených ke snižování prachových částic unikajících ze stájových prostor. Dalším plošně sledovaným zdrojem emisí TZL a jemných částic jsou stavební činnosti. Protože se v celorepublikovém ani krajském měřítku (snad s výjimkou území Prahy) nejedná o významné a trvalé zdroje emisí, byla projekce emisí stanovena pouze jako aritmetický průměr emisí za období let 2005 – 2012, v němž byly tyto emise s využitím statistických údajů sledovány. V dalších letech se nepředpokládají významné změny v objemu výstavby nových budov a v době zpracování nebylo uvažováno ani zavádění dalších dodatečných opatření k regulaci emisí z tohoto sektoru. Vyhodnocení vývoje emisí za jednotlivé skupiny zdrojů je uvedeno v tabulkách 7 - 10.

Tab. 7. Projekce emisí z lokálního vytápění v roce 2020 a 2040 v porovnání se stavem v roce 2010

Znečišťující látka	2010	2020	2040
	[t/rok]		
PM _{2,5}	15046	11313	4670
PM ₁₀	15312	11524	4759
SO ₂	17997	14587	8808
NO _x	8271	7198	7230
NO ₂	415	362	363
BENZEN	34	31	12
B(a)P	9	7	2

Tab. 8. Projekce emisí z chovů hospodářských zvířat v roce 2020 a 2040 v porovnání se stavem v roce 2010

Znečišťující látka	2010	2020	2040
	[t/rok]		
PM ₁₀	2218	2346	2479
PM _{2,5}	630	600	620

Tab. 9. Projekce emisí z polních prací v roce 2020 a 2040 v porovnání se stavem v roce 2010

Znečišťující látka	2010	2020	2040
	[t/rok]		
PM ₁₀	4555	4242	4154
PM _{2,5}	412	569	787

Tab. 10. Projekce emisí z výstavby budov v roce 2020 a 2040 v porovnání se stavem v roce 2010

Znečišťující látka	2010	2020	2040
	[t/rok]		
PM ₁₀	543	512	512
PM _{2,5}	54	51	51

Poslední etapa řešení projektu byla zaměřena na vytvoření uživatelského rozhraní a modelové aplikace, která by umožnila modifikaci základní nastavené úrovně vývoje emisí v cílových letech 2020 a 2040. Výsledkem řešení bylo vytvoření SW aplikací ve formátu MS Excel pro vybrané bodově evidované zdroje (PREIMOS BZ) a pro plošné zdroje zahrnující vedle vytápění domácností také část bodově evidovaných zdrojů, nezařazených do předchozí aplikace (PREIMOS PZ). Aplikaci pro vybrané bodové zdroje bylo zapotřebí sestavit tak, aby bylo možné pomocí společných proměnných parametrů vypočítávat předpokládanou úroveň emisí jak pro významné spalovací zdroje (především energetika a CZT), tak pro klíčové technologické zdroje, především z oblasti výroby a zpracování kovů a nerostných surovin.

Aby byla aplikace PREIMOS BZ použitelná v širším měřítku, bylo nutné omezit určitým způsobem počet parametrů i nastavení kritérií pro výpočet projekce emisí. Zvoleny byly dva parametry, které ovlivňují do určité míry změny u téměř všech skupin sledovaných zdrojů. Jako příklad je uveden přístup k vytvoření aplikace pro spalovací zdroje. Základními parametry byly obdobně jako pro technologické zdroje vývoj HDP a vývoj počtu obyvatel. Jako další parametr charakteristický především pro spalovací zdroje sloužící k vytápění bytové a komunální sféry, tj. zdrojů, které mají mezi bodově evidovanými zdroji největší zastoupení, byla zvolena změna počtu denostupňů (DS). Pro základní projekce emisí let 2020 a 2040 byla ponechána úroveň počtu DS podle roku 2010, tj. v průměru pro ČR se jednalo o hodnotu 4592. Zvýšení hodnoty, které lze provést v aplikaci buď vložením konkrétní hodnoty DS nebo procentem navýšení proti základnímu roku, znamená vyšší potřebu dodaného tepla a tím vyšší emisí. Posledním parametrem, uplatnitelným opět především pro sféru bytového a komunálního zásobování teplem, byl stupeň zateplení budov. Navýšení podílu zateplených budov má v tomto případě zápornou odezvu, tj. dochází ke snížení emisí základního roku 2020 nebo 2040. Pro jednotlivé parametry a skupiny zdrojů byla vytvořena závislost,

představující výpočtové kritérium. Tato závislost ukazuje odezvu změny roční emise na změnu konkrétního parametru u konkrétní skupiny zdrojů. Pokud se hodnota jedné veličiny X (v našem případě parametru jako je HDP či počet obyvatel) změní K -násobně a následně se K -násobně změní i hodnota druhé veličiny Y , jedná se o přímou úměrnost. V případě zvolených kritérií se však jednalo o lineární závislost, vyjádřenou klasickým vzorcem $y = kx + q$. Podle typu kritéria je hodnota regresního koeficientu k buď kladná (pro HDP, počet obyvatel a DS), nebo v případě navýšení podílu zateplení záporná. Detailní zpracování postupu stanovení koeficientů je popsáno ve výzkumné zprávě k této části řešení. Aplikace rovněž umožňuje uživateli uvedené lineární závislosti měnit dle vlastních informací, získaných na základě rešerše odborné literatury nebo konkrétních podmínek uvedených v povoleních provozu zdrojů. Stejně tak lze nahradit vypočtené údaje konkrétní hodnotou emise, předpokládané u daného zdroje. Součástí aplikace je exportní modul, zajišťující přípravu sestavy využitelné v další SW aplikaci provádějící vlastní výpočet imisních koncentrací.

Závěr

Řešení projektu bylo dokončeno v lednu 2015 a obhájeno při prezentaci výsledků komisi TAČR. Emisní aplikace ve spojení s uživatelsky přístupnou aplikací pro výpočet imisních koncentrací bude nabídnuta státní správě i dalším subjektům.

Poděkování

Projekt TA01020500 „Podrobný emisně-imisní model ČR pro současný stav a výhled do roku 2030 a nástroje pro podporu rozhodování v oblasti ochrany ovzduší“ byl řešen s finanční podporou Technologické agentury ČR.

Literatura

Machálek, P., H. Hnilicová, I. Dvořáková, R. Nevečeřal, M. Modlík, J. Haboňová, V. Neužil, Z. Potočka A M. Dědina. (2014): Přínosy emisní vyhlášky. (Projekt TAČR). Ochrana ovzduší ve státní správě IX. Teorie a praxe. Hrotovice 22. - 24. 10. 2014, s. 115 - 119.

Dvorský E., Hejtmánková P. (2005): Kombinovaná výroba elektrické s tepelné energie, BEN – technická literatura, Praha 2005, ISBN 80-7300-118-7, s. 102

Hopan F., Horák J. (2013): Zpráva č. 77/13 Metodika stanovení “váhy” typu paliva a typu spalovacího zařízení pro výpočet emisních faktorů znečišťujících látek z měrných emisí znečišťujících látek. VEC VŠB Ostrava

PREIMOS – EMISNĚ-IMISNÍ MODEL ČR PRO ARCGIS

Tomáš Kafka, Jan Karel, Radek Jareš

ATEM – Ateliér ekologických modelů, s.r.o., Hvožd'anská 2053/3, 148 01 Praha 4, e-mail: atem1@atem.cz

Abstrakt

Systém PREIMOS byl vyvinut v rámci projektu *TA ČR TA01020500 Podrobný emisně-imisní model ČR pro současný stav a výhled do roku 2030 a nástroje pro podporu rozhodování v oblasti ochrany ovzduší* [1]. Systém je koncipován jako statický s dynamickou nadstavbou. Statická část systému se skládá z geografických a databázových dat o území, o zdrojích znečišťování ovzduší a o výsledcích modelových výpočtů současné imisní zátěže. Dynamickou část tvoří soustava uživatelských modelů pro výpočty emisí z jednotlivých typů zdrojů a stanovení imisní zátěže území včetně nástrojů pro hodnocení a prezentaci dat v geografickém informačním systému (GIS).

Modelový systém byl vyvinut s využitím programových prostředků software ESRI ArcGIS, Microsoft Excel a integrované aplikace pro imisní výpočet (model ATEM). Jeho ovládání je umožněno pomocí samostatného panelu nástrojů v prostředí ArcMap. Uživatel může prostřednictvím GIS provádět změny v prostorových datech a jejich atributech (např. úpravou provozních nebo technických parametrů zdrojů) nebo vytvářet data nová (doplněním nových zdrojů znečišťování ovzduší). Pomocí připravených nástrojů PREIMOS pak lze verifikovat strukturu nových či modifikovaných datových souborů, vypočítat emise z různých typů zdrojů znečišťování ovzduší, připravit podklady pro imisní výpočet (přidáním nezbytných geografických charakteristik zdrojů a generováním referenční sítě výpočetních bodů pro imisní výpočet v libovolném rozsahu a rozlišení), vypočítat imisní zátěž vybraného území a prezentovat výsledky imisního modelu oklasifikované v přednastavených barevných škálách.

Úvod

Modelování imisní zátěže území je typickou specializovanou úlohou geografických informačních systémů (GIS), která se skládá z řady časově náročných a z velké části parametrizovatelných dílčích kroků – od zmapování zdrojů znečišťování ovzduší v zájmovém území a přípravy strukturovaných dat přes výpočet emisí z různých typů zdrojů až po výpočet imisí a prostorovou interpretaci výsledků imisního modelu. Systém PREIMOS (Podrobný emisně-imisní model) si klade za cíl uživatelům nejen předložit rozsáhlou emisní databázi zdrojů včetně výsledků vybraných modelových stavů (statická část systému), ale také poskytnout srozumitelnou formou průvodce celým procesem výpočtu emisí a imisní zátěže (dynamická část). Uživatel tohoto systému bude mít k dispozici nástroj, kterým lze získat informace o zdrojích znečišťování ovzduší v zájmové oblasti, i komplexní analytický nástroj – emisně-imisní model – umožňující měnit jak obsah a parametry vstupních dat, tak i volit z několika prognostických scénářů emisního vývoje pro modelování budoucích stavů znečištění ovzduší. V praxi může tento systém nalézt uplatnění mezi odbornou veřejností i odbornými pracovníky státní správy, kteří by tak nemuseli najímat externí pracovníky nebo firmy pro hodnocení navrhovaných záměrů nebo posouzení zdrojů znečišťování.

Programové řešení systému PREIMOS

Informace o zdrojích znečišťování ovzduší v zájmovém území (vybraný kraj, Česká republika) a výsledky modelových výpočtů jsou prezentovány digitální formou v dokumentu (.mxd) určeném pro komerční GIS software ArcGIS (ESRI). Tento soubor je obohacen o nadstavbové funkce v jazyce VBA, které jsou volány samostatným panelem nástrojů v prostředí ArcMap a umožňují efektivní přípravu či kontrolu datových sestav, spuštění integrovaných externích aplikací (emisní moduly, imisní model), převod výstupů z vnějších aplikací do vrstev GIS i vizualizaci a interpretaci výsledků výpočtu imisního modelu. Emisní moduly jsou zpracovány v tabulkovém procesoru Microsoft Excel s naprogramovanými makry ve VBA. Imisní výpočet zajišťuje model ATEM, který umožňuje posuzování imisní zátěže v městských a venkovských oblastech v souladu s legislativou České republiky a směrnicemi Evropské unie (*zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.*) [2].

Pro spuštění a chod systému PREIMOS je nezbytné, aby byly na výpočetním zařízení současně nainstalovány oba komerční programy, pro které byl vyvinut – ArcGIS verze 10.2. včetně rozšíření o speciální nástroje pro prostorové analýzy a MS Excel s podporou VBA.

Předpokládá se, že pro případnou editaci vstupních dat nebo vizualizaci výstupů uživatel využije právě nástrojů software ArcGIS a byl tedy předem obeznámen se základy ovládání programu i principy práce s geografickým informačním systémem. Práce s emisními moduly v MS Excel je zcela intuitivní, imisní model je spouštěn systémem automaticky a není uživatelem přímo ovládán.

Statická část

Datový základ systému PREIMOS tvoří vektorové a rastrové vrstvy GIS pro polohopis (podkladové mapy z veřejných zdrojů), výškopis (digitální model terénu, stínování terénu), popis území z hlediska rozptylových podmínek (rozdělení území podle platnosti větrných růžic), zdroje znečišťování ovzduší (umístění, identifikace, provozní nebo dopravní charakteristiky, emise) a výsledky modelového hodnocení kvality ovzduší (modelové průměrné roční koncentrace a příspěvky jednotlivých skupin zdrojů k imisní situaci).

Datové sady se zdroji znečišťování ovzduší obsahují tři typy zdrojů:

- bodové zdroje
- liniové zdroje
- plošné zdroje
 - obce reprezentované polygony se zástavbou (emise z malých a středních zdrojů)
 - emise z polních prací a chovů zvířat
 - gridová reprezentace plošných zdrojů (plošné emise převedené do čtverců 1000 × 1000 m)

Současně s prvním spuštěním systému (otevřením připraveného .mxd souboru v programu ArcGIS) je uživatel obeznámen s jeho datovým obsahem ve čtyřech níže uvedených předpřipravených tématických rámcích:

- **Území** – základní geografické údaje (podkladové geografické mapy) o území, informace o výškopisu, rozptylové podmínky a definice referenčních bodů výpočetního systému
- **Zdroje znečišťování ovzduší** – údaje o zdrojích znečišťování ovzduší, které jsou rozděleny na individuálně sledované (bodové zdroje), liniové (sčítaná silniční síť), plošné vytápění (zdroje REZZO 2 + 3) a ostatní plošné zdroje

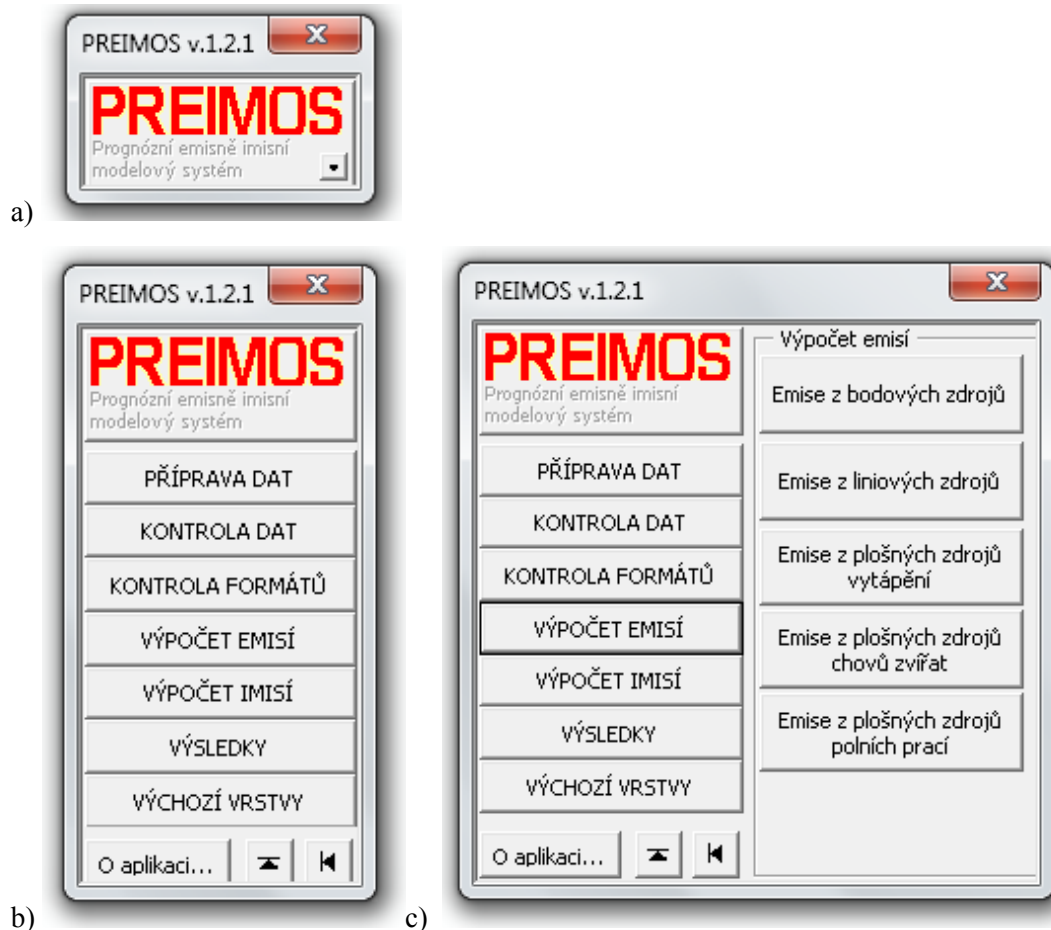
- **Výsledky v referenčních bodech** – výsledky modelového hodnocení kvality ovzduší v referenčních bodech - průměrné roční koncentrace NO₂, částic PM₁₀, PM_{2,5} a benzenu v µg.m⁻³ a benzo[a]pyrenu v ng.m⁻³.
- **Výsledky - pásma** – pásma imisní zátěže pro průměrné roční koncentrace NO₂, benzenu, benzo[a]pyrenu a částic PM₁₀ a PM_{2,5}

Jednotlivé vrstvy ve všech připravených zobrazeních jsou obarveny pomocí výchozích legend, pro polohopis a výškopis je navíc přednastaven rozsah měřítek, ve kterém mají být zobrazovány. Uživatel může libovolně modifikovat obsah tématických rámců i legendy vrstev nebo připravené rámce kompletně odstranit a vytvořit nové. Projekt (soubor .mxd) může být v pozměněném stavu uložen pro příští použití. Do výchozího stavu (rozumí se obnovení obsahu a nastavení tématických zobrazení, nikoliv obnovení zdrojových dat ani hodnot jejich atributů) lze projekt opětovně uvést z panelu nástrojů PREIMOS (viz dynamická část).

Dynamická část

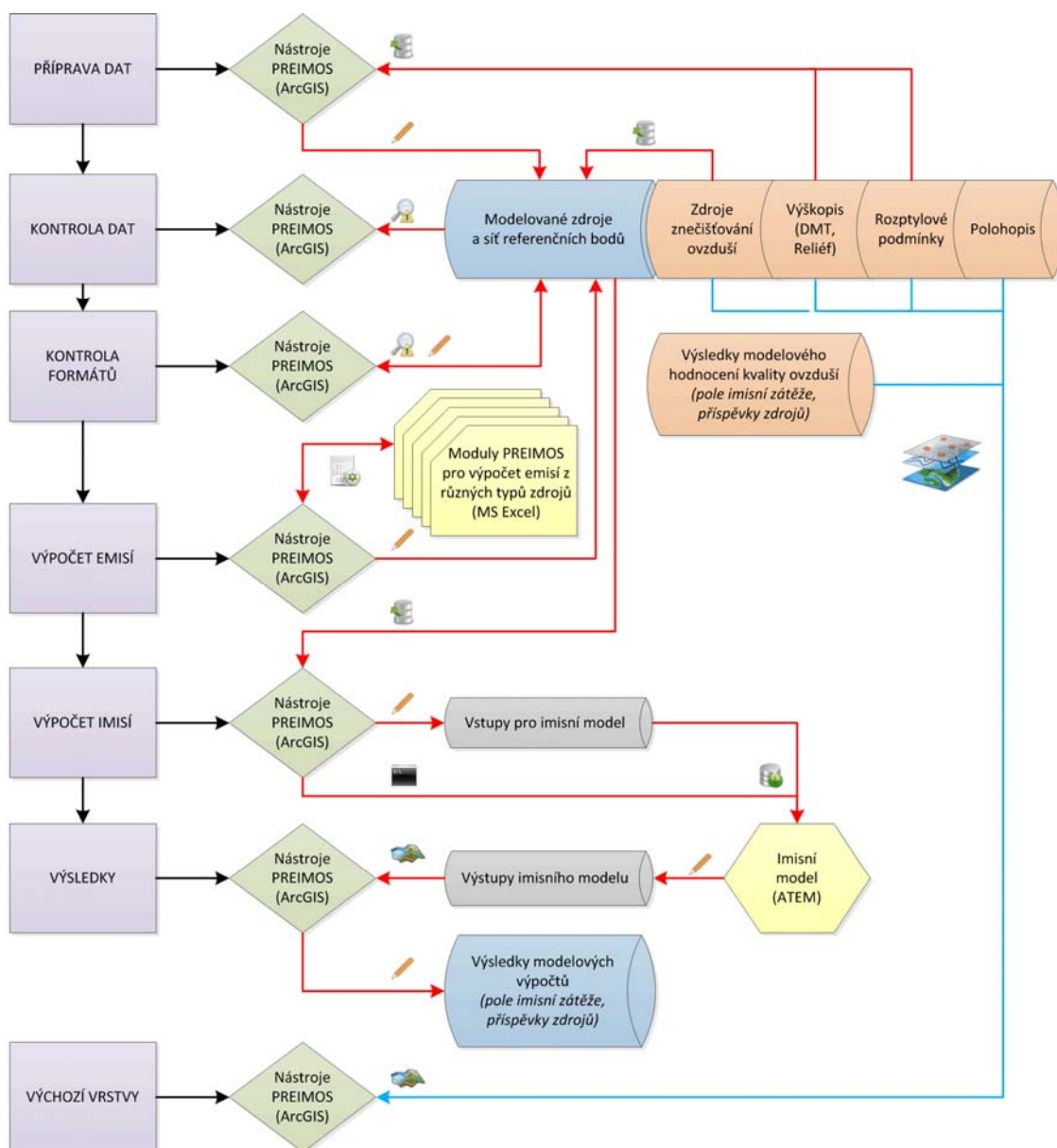
System PREIMOS umožňuje uživateli kromě vizualizace, analýzy a prezentace dat i jejich aktivní změny a vytváření dat nových. Přístup k jednotlivým nástrojům zprostředkovává přehledný, tématicky seskupený rozbalovací ovládací panel (obr. 1). Volbou kteréhokoliv z témat se v pravé části panelu vysune místní nabídka obsahující další volby vztahující se k vybranému tématu.

Obr. 1. Panel nástrojů PREIMOS v minimalizovaném stavu (a), v základní nabídce (b) a v rozbaleném stavu pro nabídku Výpočet emisí (c)



První tři skupiny nástrojů umožňují uživateli v pracovním prostředí ArcMap přípravu dat, kontrolu obsahu a verifikaci požadované datové struktury pro emisní výpočty. Skupina nástrojů pro výpočet emisí spouští externí aplikace, které jsou do systému plně integrovány a jejich výstupy jsou automaticky převáděny do zdrojových datových sad. Nástroje pro výpočet imisí zajišťují přípravu dat pro imisní výpočet a jeho realizaci (v modelu ATEM). K vyhodnocení a uložení výsledků imisního výpočtu slouží sekce Výsledky. Předpřipravená tématická zobrazení, která jsou v projektu obsažena při prvním spuštění (viz Statická část), lze kdykoli nahrát do pracovního prostředí pomocí panelu nástrojů „Výchozí vrstvy“. Diagram na obrázku 2 znázorňuje logické schéma práce se systémem PREIMOS. Podrobnější popis funkcionalit jednotlivých skupin nástrojů následuje níže. Ukázkou pracovního prostředí ArcMap při simulaci imisní zátěže území z bodového zdroje systémem PREIMOS představuje obrázek 3.

Obr. 2. Logické schéma práce se systémem PREIMOS



Vysvětlivky: černé linie spojují kroky ovládané uživatelem v prostředí ArcMap prostřednictvím panelu nástrojů PREIMOS; červeně je znázorněna dynamická část systému; modré linie pak propojují prvky statické části, které mohou být vloženy do pracovního prostředí ArcMap pomocí připraveného panelu nástrojů.

Příprava dat – Vytváří nebo upravuje vrstvy GIS obsahující data o zdrojích a referenčních bodech. Jedná se o nezbytné kroky, kterými se zajistí, aby byly datové sady v rámci systému konzistentní a požadované atributy obsahovaly platné geografické údaje tj. pro každý prvek prostorové souřadnice údaj o nadmořské výšce, údaj o rúžici, dále pak délku a sklon (pro liniové zdroje) a výšku zdroje (bodové zdroje) či výšku referenčního bodu nad terénem. Nástroje pro přidání atributů pracují buď s celou datovou sadou, nebo jen s výběrem prvků, pokud jsou ve vrstvě označeny. Uživatel má rovněž k dispozici nástroj pro vygenerování vlastní čtvercové sítě pro reprezentaci plošných zdrojů v imisním výpočtu a nástroj pro vytvoření vlastní sítě referenčních bodů.

Kontrola dat – Obsahuje nástroje informativního charakteru, pomocí nichž je uživatel upozorněn na neplatné nebo nepravděpodobné hodnoty ve zvolených datových sadách.

Kontrola formátů – Prostřednictvím těchto nástrojů může uživatel zjistit, zda jsou datové sady nepoškozené, tedy jestli obsahují všechny požadované atributy v odpovídajícím formátu. Systém umožňuje chybějící atributy v tomto kroku automaticky doplnit.

Výpočet emisí – Spouští moduly pro výpočty emisí podle typu zdroje. Výpočet emisí jednotlivých typů zdrojů znečišťování ovzduší je totiž v systému PREIMOS konstruován tak, že každá ucelená oblast řešení je obsluhována a zpracovávána vlastní aplikací (modulem), kde uživatel zvolí požadovaný scénář a nastavení emisního výpočtu. Systém po dokončení výpočetní operace v modulu automaticky zajistí převedení vypočtených hodnot do zvolené vrstvy GIS. Řešení obsahuje samostatné moduly pro následující oblasti:

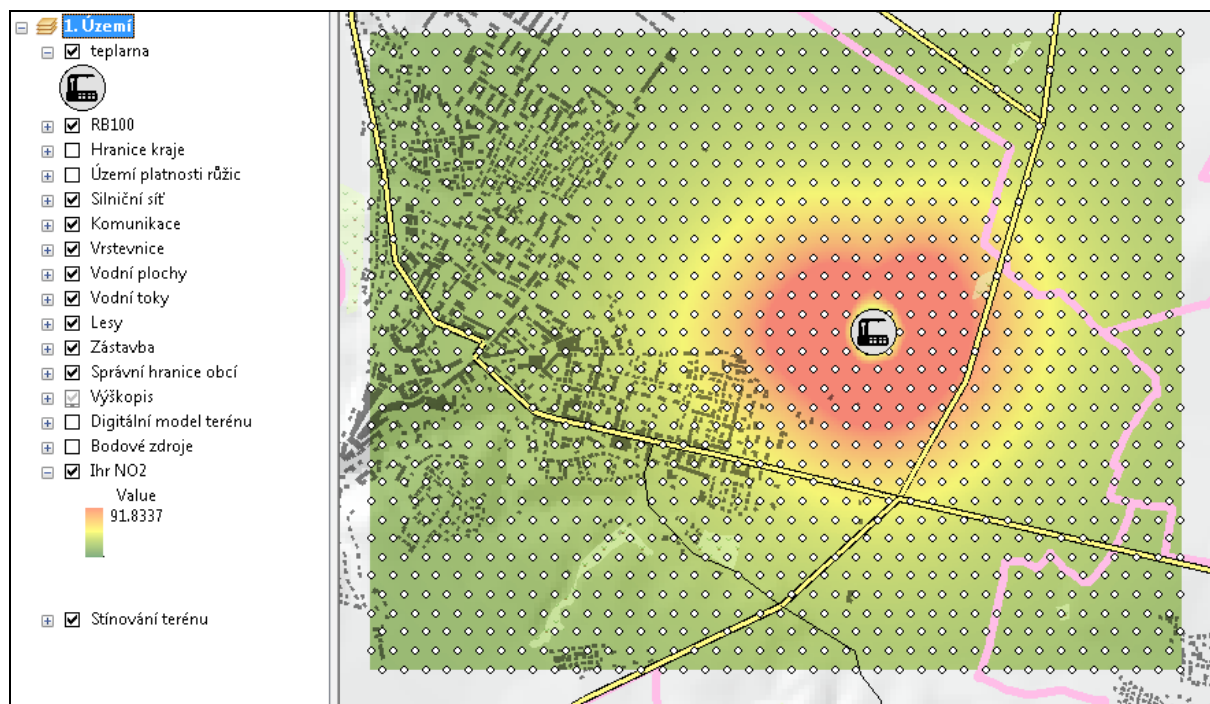
- individuálně sledované zdroje – zdroje modelované bodově
- individuálně sledované zdroje – zdroje modelované plošně
- liniové zdroje (automobilová doprava)
- plošné zdroje – vytápění
- plošné zdroje – technologie, zemědělské a polní práce apod.

Výpočet imisí – Tento panel předkládá uživateli nástroje pro přípravu datové sady pro imisní model ATEM ve vyžadované struktuře a formátu. Nástroje převádí potřebné atributy příslušných vrstev do imisního modelu, kde jsou uloženy jako vstupní data pro imisní výpočet. Vrstvy pro bodové a liniové zdroje i referenční body mohou být převedeny do imisního modelu přímo. Plošné zdroje vstupují do imisního modelu datově jen jako jedna vrstva - pravidelná čtvercová síť o známém rozměru. Systém proto umožňuje v příslušném mezikroku nejprve rozpočítat a sumarizovat příspěvky emisí všech uvažovaných plošných zdrojů do této čtvercové sítě na základě jejich vzájemných prostorových vztahů vzhledem k síti. Veškerá vstupní data zůstávají v imisním modelu dokud nejsou přepsána modifikovanou či novou sestavou. Tlačítko pro výpočet imisní zátěže spouští externí aplikaci – imisní model ATEM.

Výsledky – Panel zahrnuje nástroje pro vynášení výsledků modelových výpočtů z imisního modelu, a to v referenčních bodech nebo v plochách imisní zátěže.

Výchozí vrstvy – Obsahuje funkce pro obnovení výchozího obsahu a vzhledu jednotlivých tematických zobrazení statické části systému.

Obr. 3. Ukázka práce se systémem PREIMOS v prostředí ArcMap – Simulace imisní zátěže bodového zdroje



Závěr

Modelový systém PREIMOS byl navržen tak, aby umožňoval jednotnou správu dat o kvalitě ovzduší i hodnocení předpokládaných emisních a imisních změn v zájmovém území. Základem systému jsou data o zdrojích znečišťování ovzduší, zpracovaná v geografickém informačním systému a uspořádaná do provázaného systému nad digitální mapou. Pro řešení jednotlivých problémů ochrany ovzduší slouží soustava uživatelských modelů pro výpočty emisí z jednotlivých typů zdrojů a stanovení imisní zátěže území. Správu dat a integritu celého systému zajišťuje řada nástrojů pro prostorové operace, validaci dat a prezentaci dat v GIS.

Systém PREIMOS je poloautomatický. Zatímco některé operace obstarává uživatel samostatně (editace dat), jiné jsou programově vyřešeny s možností volby různých parametrů (např. vytváření referenčních sítí, emisní moduly) nebo jsou plně automatizovány (převod dat z vnějších aplikací, imisní výpočet). V zájmu stability systému a zejména dosažení modelových výstupů v přijatelném čase by měl uživatel při práci se systémem zvážit výkon výpočetní sestavy a uzpůsobit tomu rozsah a rozlišení výpočtu.

Mezi klíčové přínosy systému PREIMOS pro uživatele patří zejména následující možnosti:

- získat jednoduchým způsobem informace o zdrojích znečišťování ve vybrané oblasti
- pružné volby měřítka hodnocení imisní zátěže území (od širší oblasti po jednotlivé lokality)
- posuzování změn v území
- posuzování změn podle různých prognostických scénářů
- snadná opakovatelnost modelovacího procesu při změně parametrů jednoho nebo více jeho dílčích kroků

- dostatečná srozumitelnost a přehlednost funkcionality celé soustavy

Datová základna a modelový systém PREIMOS může sloužit jako podpůrný nástroj pro dobrý management kvality ovzduší a tím částečně přispět ke zlepšení celkového stavu životního prostředí České republiky a zvýšení kvality života jejich obyvatel.

Poděkování

Projekt TA01020500 „Podrobný emisně-imisní model ČR pro současný stav a výhled do roku 2030 a nástroje pro podporu rozhodování v oblasti ochrany ovzduší“ byl řešen s finanční podporou Technologické agentury ČR.

Odkazy:

- [1] Podrobný emisně-imisní model ČR – systém PREIMOS - <http://atem.cz/preimos.php>
- [2] Imisní model ATEM - <http://atem.cz/atem.php>

Vysvětlivky:

ArcGIS - geografický informační systém vyvinutý ESRI

ArcMap - aplikace v ArcGIS určená pro editaci, analýzu a vizualizaci prostorových dat

DMT - digitální model terénu

ESRI - společnost zabývající se vývojem softwaru určeného pro práci s GIS

GIS - geografický informační systém

PREIMOS - Podrobný emisně-imisní model

REZZO 2 - střední stacionární zdroje znečišťování

REZZO 3 - malé stacionární zdroje znečišťování

shapefile - datový formát pro ukládání vektorových prostorových dat pro GIS, vyvinutý ESRI

VBA - Visual Basic for Applications; programovací jazyk od společnosti Microsoft pro balíček MS Office

.mxd - mapový dokument, souborový formát používaný software GIS od firmy ESRI

HISTORICKÝ VÝVOJ PRODUKCE EMISÍ Z AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY

Nad'a Krkošková, Robert Polák

ATEM – Ateliér ekologických modelů, s.r.o., Hvožd'anská 2053/3, 148 01 Praha 4, e-mail: atem1@atem.cz

Abstrakt

V rámci výzkumného úkolu „Historický vývoj emisního zatížení z vybraných úseků dálniční a silniční sítě ČR“ pro Ředitelství silnic a dálnic České republiky byla řešena problematika vývoje emisního zatížení z automobilové dopravy směrem do minulosti. Projekt se zabýval vytvořením modelu skladby vozového parku a následně emisního modelu, který umožňuje zobrazit vývoj emisí různých znečišťujících látek (oxidu uhelnatého, oxidů dusíku, uhlovodíků a benzenu) v letech 1962 – 2007, a to i v závislosti na sklonu vozovky a rychlosti jízdy. Data nezbytná pro tvorbu modelů byla získána rozsáhlou rešerší, jež byla doplněna dotazováním majitelů historických značek vozidel.

Tento článek pojednává především o vývoji emisního modelu, jehož vytvoření bylo klíčovým a časově i metodicky náročným krokem při hodnocení historického vývoje produkce emisí z automobilové dopravy na území České republiky. I přes objektivní problémy vyplývající z obtížného získávání relevantních historických dat, se podařilo v segmentu osobních automobilů vytvořit kvalitní datovou základnu pro výpočet emisních faktorů sledující jejich vývoj v letech 1962 – 1989. Za účelem modelování průběhu emisních hodnot v období let 1990 – 2007 byly využity datové sestavy modelu MEFA-06. U nákladních vozidel bylo vzhledem k nedostatku podrobných dat – ale také vzhledem ke skutečnosti, že emise se v tomto segmentu měnily podstatně méně výrazně – rozhodnuto provést přímé odvození průběhu emisních hodnot na základě trendů vývoje obsažených v databázi HBEFA pro území NDR.

Úvod

Automobilová doprava představuje dlouhodobě jeden z nejdůležitějších zdrojů znečištění ovzduší na území České republiky (Šebor et al., 2002). Údaje o vývoji emisní a imisní zátěže z automobilové dopravy jsou jedním ze základních nástrojů pro efektivní ochranu ovzduší ve městech a dalších silně zatížených oblastech (Šebor, 2007). Tyto údaje jsou k dispozici v případě hodnocení současného stavu (např. Kröbl & Dvořáček, 1994), existují rovněž postupy a prognózní data pro hodnocení očekávaného vývoje emisí v budoucnosti (Píša, 2007), avšak v případě historického vývoje nebyla emisní data dosud souhrnně zpracována. Z tohoto hlediska je nejproblematictější vývoj emisí v době před rokem 1990, kdy byly provozovány automobily, pro které již dnes téměř nejsou k dispozici obecně dostupné údaje ani o emisích, ani o jejich zastoupení v typickém dopravním proudu.

Při sledování historického vývoje produkce emisí z automobilové dopravy je třeba si uvědomit, že se zde projevují dva proti sobě působící soubory faktorů – na jedné straně na komunikační síti narůstají intenzity automobilové dopravy, souběžně ale probíhá i obměna vozového parku, jež zahrnuje postupné odstavování nejstarších vozidel a jejich nahrazování novými automobily. Tyto dva faktory pak souběžně a protichůdně ovlivňují výslednou produkci emisí v konkrétním roce a na konkrétní komunikaci. V některých případech převládá v určitém období nárůst intenzit nad pozitivním vlivem obměny vozidel, často lze však zaznamenat i trend opačný, kdy vliv obměny vozového parku umožní tento růst eliminovat nebo dokonce převážit (Píša a kol., 2007).

Získávání dat

Pro výpočet emisních faktorů a odvození dalších parametrů emisního modelu bylo nutné vytvořit kvalitní datovou základnu sledující vývoj příslušných hodnot v letech 1962 – 2007. Jak již bylo řečeno, při získávání dat bylo nejproblematictější období před rokem 1990, kdy byly provozovány automobily, pro které již dnes téměř nejsou k dispozici obecně dostupné údaje ani o emisích, ani o jejich zastoupení v typickém dopravním proudu.

Stanovení emisních dat se proto sestávalo z následujících kroků:

- nejprve byly identifikovány hlavní typy vozidel provozované v období let 1962 – 1989
- následně byla provedena rozsáhlá rešerše za účelem zajištění emisních dat pro tyto automobily
- souběžně byly zjišťovány údaje o zastoupení hodnocených vozidel v dopravním proudu, popřípadě údaje pro odvození této skladby (počty vyrobených a dovezených aut apod.)
- jelikož údaje o zastoupení vozidel byly spíše dílčího charakteru, bylo nutné vytvořit na jejich základě model obměny vozového parku. Tento model byl vytvořen nejprve pro tzv. statickou skladbu (podíly registrovaných aut) a následně i pro skladbu dynamickou (podíl ve skutečném dopravním proudu na komunikaci)
- kombinací dynamické skladby a emisních dat pro jednotlivá vozidla byly odvozeny průměrné emisní faktory pro každý rok. Tyto údaje však byly stanoveny na základě výsledků emisních testů na zkušebnách a bylo nutné je dále převést na data v reálném provozu a zpracovat vliv tzv. dynamiky jízdy (vliv různé rychlosti a plynulosti jízdy a také vliv stoupání)
- výstupem hodnocení je pak emisní model, který umožňuje hodnotit změny v produkci emisí na reálném úseku komunikace v období let 1962 – 2007.

Stanovení charakteristických emisních hodnot pro jednotlivé typy osobních automobilů

Nejprve byly identifikovány typy vozidel zastoupené výraznějším podílem ve vozovém parku v období let 1962 – 1989. Jedná se o vozidla Škoda MB, 105, 120, 130 a Favorit, dále o automobily sovětské výroby – značky Lada (Žiguli), Moskvič a Volga, o východoněmecké automobily Trabant 601 a Wartburg 353, o polské vozy Fiat 125 P a 126 P a nakonec i o rumunské automobily Dacia a Olcit.

Následně byla provedena rozsáhlá rešerše za účelem zajištění emisních dat pro tyto automobily. Významným podkladem pro pokrytí podstatné části vozového parku emisními daty byla zejména studie Ústavu pro výzkum motorových vozidel „Měrné emise CO, CH_x a NO_x z osobních a nákladních automobilů“ (Dvořáček, 1988), dalšími důležitými prameny byly výsledky emisních měření provedených v AZNP Mladá Boleslav (archiv Škoda a.s., 2007) a emisní databáze „Handbook of Emission Factors for Road Transport“ (Keller et al., 2001), obsahující mj. emisní data pro typická vozidla používaná v NDR v letech 1980 – 1993. Použita však byla i celá řada dalších studií či podkladů, z nichž bylo možné čerpat některé dílčí údaje (Kröbl & Dvořáček, 1994; Merétei, 1995; VŠCHT, 2007). Kromě rešerše byly učiněny pokusy o získání přímých výsledků z emisních měření u současně provozovaných automobilů-veteránů. Dotazování konkrétních majitelů vozů však ukázalo, že tuto formu řešení nelze použít, neboť podle majitelů by nešlo o reálné hodnoty (emisní zkoušky ve skutečnosti buď podstupují jiné vozy, nebo jsou výsledky testů uměle upravovány tak, aby vyhověly platným normám).

Rešerší získané údaje o produkci emisí jednotlivými typy automobilů byly porovnány a následně byly odvozeny charakteristické emisní hodnoty, které byly použity v emisním modelu. Pokud bylo k dispozici více údajů z různých zdrojů, byly pro vyhodnocení použity průměrné údaje ze získaných měření, popřípadě bylo nutné hledat adekvátní vyjádření výsledné emisní hodnoty s přihlédnutím k relevanci jednotlivých podkladů. V případě nejstarších modelů (tj. automobilů starších než Škoda 100/110), u nichž se nepodařilo získat žádné emisní údaje, bylo nutné vycházet z odborných odhadů při využití známých trendů ve vývoji emisí a doplňujících údajů, např. o spotřebách vozidel.

Vývoj skladby vozového parku osobních automobilů

Údaje o předpokládaném zastoupení jednotlivých typů vozidel v letech 1962 – 1990 bylo nutné postupně modelovat z různých podkladů dílčího charakteru. K dispozici byly zejména celkové počty registrovaných vozidel v jednotlivých letech (Sdružení automobilového průmyslu, 2007). Dále byla provedena rozsáhlá rešerše informací o jednotlivých typech automobilů, zahrnující vydané monografie k příslušným značkám, články v motoristických časopisech a internetové zdroje (Konopová, 2005; Cedrych & Nachtmann 2007; Tuček, 2007a; Tuček, 2007b; Tuček, 2007c). Souběžně byly zjišťovány údaje o zastoupení hodnocených vozidel v dopravním proudu, popřípadě údaje pro odvození této skladby (počty vyrobených a dovezených aut apod.).

Z provedené rešerše vyplývá, že skladba vozového parku prošla zajímavým vývojem. Na začátku 60. let (v bývalém Československu) byl vozový park složen z velmi pestré směsi typů i značek. Největší podíl sice měla v domácím prostředí značka Škoda, avšak významné zastoupení měly rozličné zahraniční vozy a navíc byla v provozu ještě i celá řada předválečných typů automobilů.

Vývoj vozového parku v celém období také ovlivňovaly podmínky centrálně plánovaného hospodářství, kdy docházelo k nárazovému zdražení či zlevnění celých objemů dodávek aut na základě potřeby podpořit prodej toho či onoho typu vozu, či naopak omezit poptávku po nedostatkových automobilech.

Obecně lze konstatovat, že polovina šedesátých let, tj. počáteční období, kterému se věnoval prezentovaný projekt (Píša a kol., 2007), byla do značné míry přelomová pro stav vozového parku v tehdejší Československu, neboť během několika málo let došlo k zahájení masivní výroby nových typů aut nejen u nás, ale i v dalších zemích východního bloku, odkud k nám byly směřovány značné objemy dovozů.

Na přelomu 60. a 70. let tak došlo k prvnímu výraznějšímu nasycení trhu osobními vozy. Zatímco koncem roku 1965 bylo v pořadnicích Mototechny zapsáno 124 tisíc zájemců o nový osobní automobil, v roce 1973 mohly být oficiální pořadníky zcela zrušeny. Co se týče sortimentu, trh stále zůstával úzký a řada typů nadále spadala do kategorie nedostatkových. Ve zvýšené míře začal v této době obchod s ojetými automobily, neboť byly výrazně zlevněny poplatky za převod na nového majitele, které před tím měly za cíl (spolu se složitější procedurou převodu) zabránit spekulativním nákupům nedostatkových automobilů a jejich následného dalšího prodeje. V roce 1975 již dosáhl celkový počet registrovaných vozidel téměř 1 260 000 (odhad pro území dnešní ČR).

V roce 1985 byl také z ekologických důvodů zastaven dovoz automobilů s dvoudobým motorem. Obdobné snahy o modernizaci se projevovaly i v ostatních zemích východního bloku.

Vývoj skladby vozového parku od roku 1990 byl již určován zcela jinými parametry. Zde již není z emisního hlediska podstatné zastoupení jednotlivých značek, neboť určující je vzestup podílu aut vybavených nejprve neřízenými, ale velmi rychle již i řízenými třicístnými katalyzátory. Během devadesátých let zaujaly rozhodující podíl ve vozovém parku automobily splňující emisní limity EURO 1 a EURO 2 s úrovní emisí řádově nižší v porovnání s automobily bez katalyzátoru.

K obměně vozidel dochází přinejmenším ve statické skladbě automobilového parku velice pozvolna. Svědčí to zároveň o obecně zvýšené péči o údržbu automobilů v době socialismu, kdy řada vozů byla udržována v provozuschopném stavu i po výrazně delší dobu než byla deklarovaná doba jejich technické životnosti. Tento fenomén má dosud velký vliv na stav vozového parku v ČR.

Model skladby vozového parku

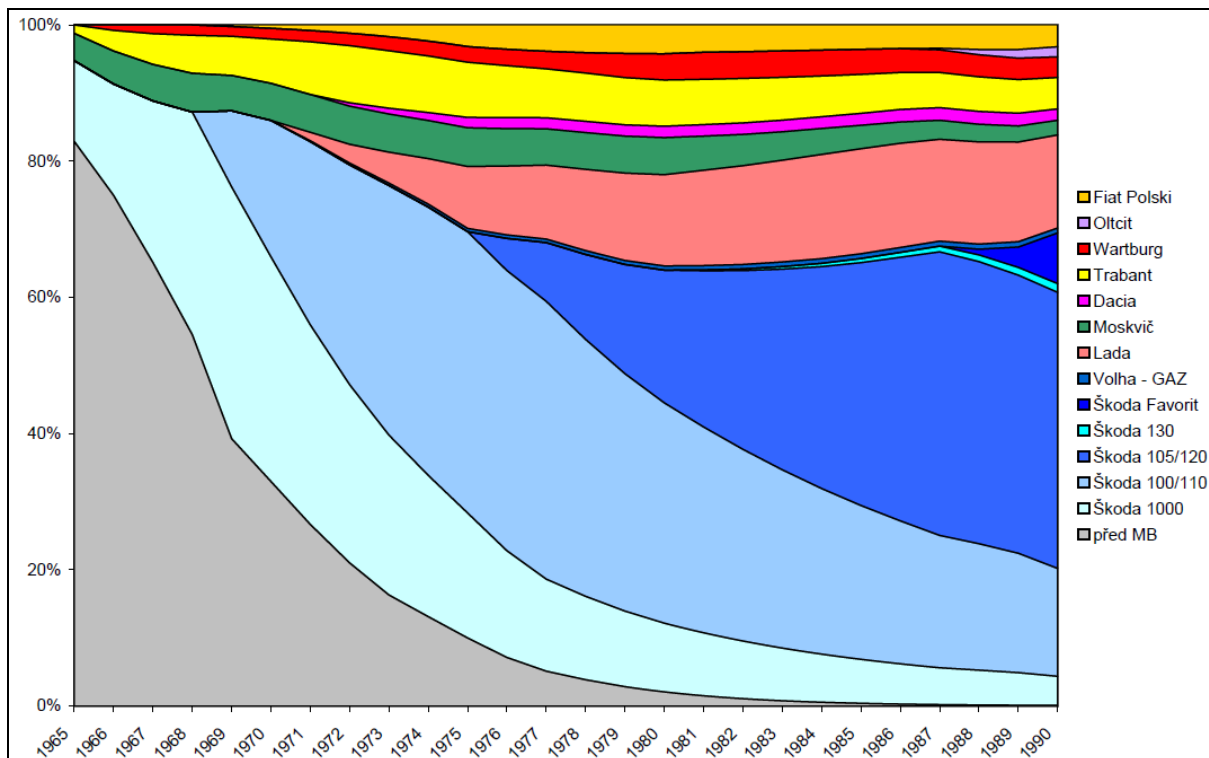
Jelikož údaje o zastoupení vozidel byly spíše dílčího charakteru, bylo nutné vytvořit na jejich základě model obměny vozového parku. Výsledkem předcházející rešerše byly sestavy statické skladby vozového parku (tj. zastoupení registrovaných aut) pro tři časové horizonty: 31.12.1966, 31.12.1988 a 30.6.2001. Počty aut v těchto letech představovaly „kontrolní hodnoty“ pro modelování obměny vozidel.

Modelování statické skladby vozového parku v jednotlivých letech bylo provedeno následujícím způsobem: nejprve byly u každé značky automobilu navrženy průběhy počtu prodaných vozidel v jednotlivých letech a následně byla provedena analýza dat centrálního registru z roku 2001 (jiná data nejsou v tomto případě k dispozici) za účelem popisu průběhu vyřazování vozidel v závislosti na jejich stáří. Výsledné funkce mají obecně logistický tvar, parametry funkcí však byly optimalizovány individuálně s cílem maximálního přiblížení k stavu v „kontrolních bodech“ let 1966/67, 1988/89 a 2001. Parametry funkce však byly uvažovány vždy shodně pro všechna vozidla daného typu. Výsledkem řešení jsou pak matice průběhu počtu vozidel pro každý typ v členění podle roku prodeje v časové ose od roku uvedení do provozu do roku 2001.

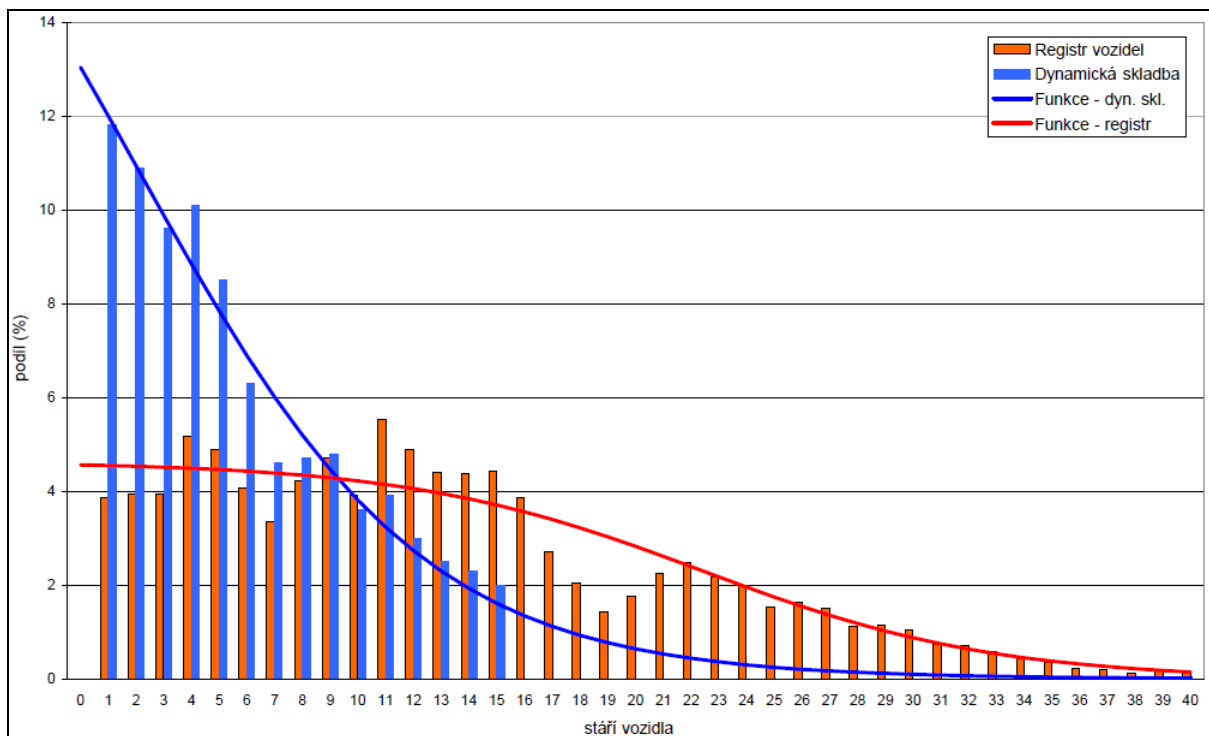
Po sečtení všech vozidel pro každý rok je pak možné na základě porovnání s celkovým počtem registrovaných aut získat zastoupení vozidel daného typu ve statické skladbě vozového parku. Pro období po roce 1989 pak byla do modelu vložena další funkce, vyjadřující zrychlení obměny vozového parku v důsledku otevření trhu a zlepšování ekonomických možností obyvatel. Výsledky řešení zobrazuje obrázek 1.

Dalším krokem pak byla tvorba modelu tzv. dynamické skladby vozového parku. Při modelování produkce emisí je obecně nutno brát v úvahu skutečnost, že starší vozidla jsou obvykle používána podstatně méně často a jejich skutečný podíl na komunikacích je nižší než činí jejich zastoupení v počtu registrovaných aut. V tomto případě bylo využito analýzy dat z projektu ŘSD ČR (Píša a kol., 2001), kde jsou údaje jak o zastoupení automobilů podle roku výroby v centrálním registru (od roku 1945), tak i údaje o podílu vozidel v dynamické skladbě na komunikacích (opět v členění podle roku výroby).

Obr. 1. Model vývoje statické skladby vozového parku pro ČSSR v letech 1965 – 1990 (osobní automobily)

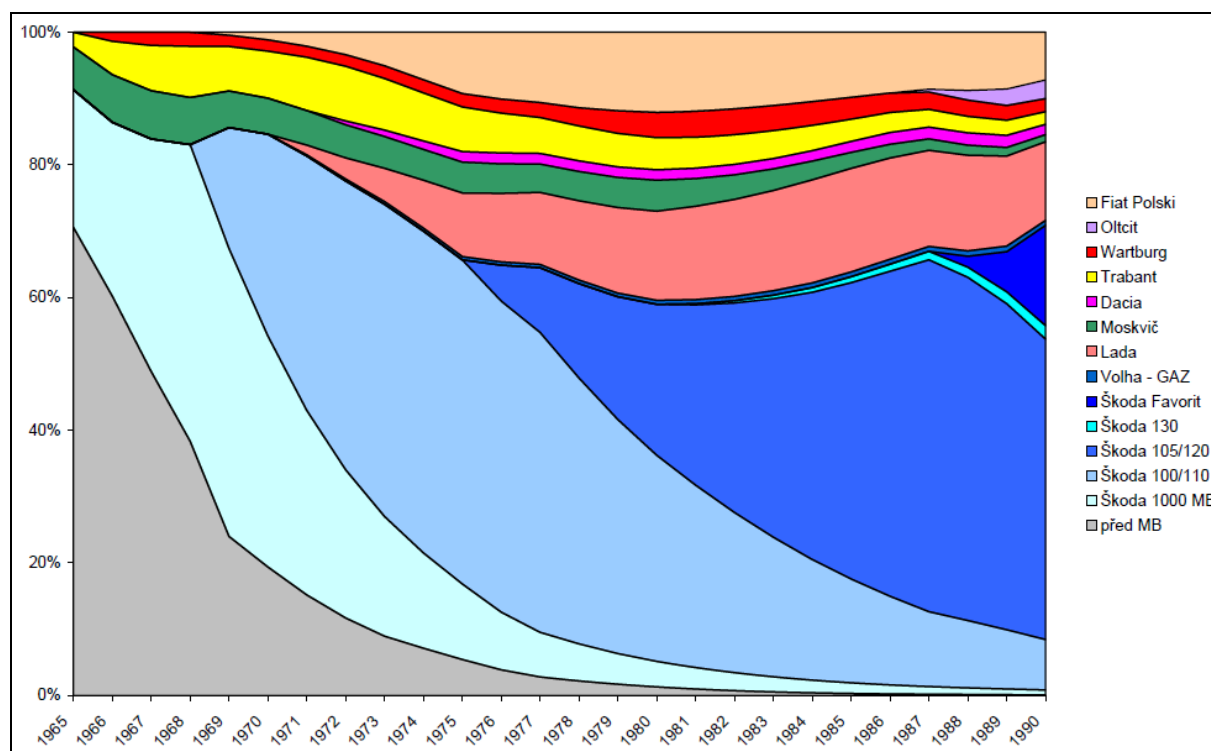


Obr. 2. Porovnání statické a dynamické skladby vozového parku dle dat pro rok 2001 (osobní automobily (Píša a kol., 2001))



Jak je patrné z obrázku 2, oba histogramy se vyznačují určitým trendem, avšak s výraznými meziročními výkyvy, které jsou výraznější v případě statické skladby. Proto bylo nejprve nutné proložit data křivkami vyjadřujícími „průměrné rozložení“ bez meziročních výkyvů. Tyto křivky, které jsou rovněž zobrazeny na obrázku 2, jsou popsány funkcemi, jejichž podíl pak udává poměr mezi podílem automobilů daného stáří ve statické a v dynamické skladbě. Výsledný model vývoje dynamické skladby vozidel v období let 1962 – 1990 pak prezentuje obrázek 3.

Obr. 3. Model vývoje dynamické skladby vozového parku pro ČSSR v letech 1965 - 1990 (osobní automobily)



Celkově lze konstatovat, že i přes objektivní problémy vyplývající z obtížného získávání relevantních historických dat, se podařilo v segmentu osobních automobilů vytvořit kvalitní datovou základnu pro výpočet emisních faktorů sledující jejich vývoj v letech 1962 – 1989.

Emisní model

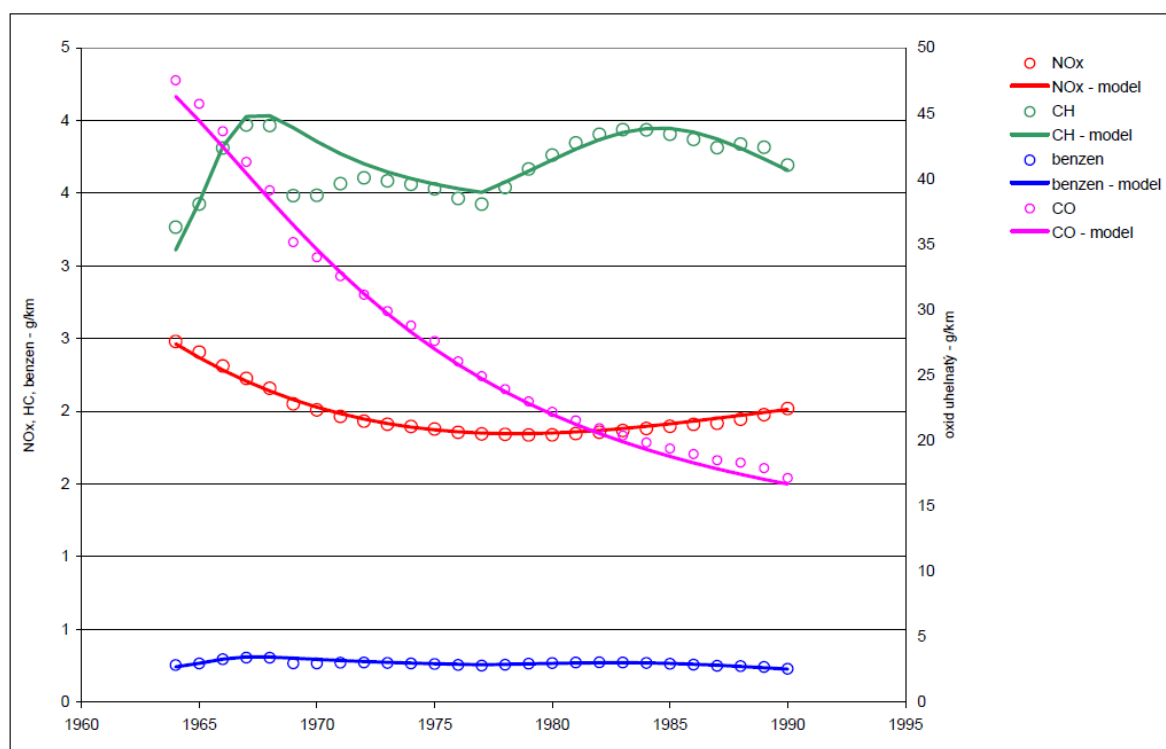
Pro vyhodnocení dlouhodobého vývoje emisí bylo nutné stanovit charakteristické hodnoty měrných emisí, odpovídající stavu vozového parku v jednotlivých letech. Tyto typické hodnoty byly odvozeny následujícím způsobem:

- kombinací dynamické skladby a emisních dat pro jednotlivá vozidla byly odvozeny průměrné emisní faktory pro každý rok. Tyto údaje však byly stanoveny na základě výsledků emisních testů na zkušebnách a bylo nutné je dále převést na data v reálném provozu a zapracovat vliv tzv. dynamiky jízdy (vliv různé rychlosti a plynulosti jízdy a také vliv stoupání).
- výstupem hodnocení je pak emisní model, který umožňuje hodnotit změny v produkci emisí na reálném úseku komunikace

Výsledný průběh emisních hodnot pro období 1964 – 1990 zobrazuje graf na obrázku 4. Z grafu je patrné, že:

- jedinou znečišťující látkou, u které je možné v celém období sledovat výrazný sestupný trend emisních hodnot, je oxid uhelnatý. To je dáno skutečností, že v případě CO byly již od roku 1971 stanoveny emisní limity, které byly navíc postupně velmi výrazně zpřísněny. Tomu se pak přizpůsobovaly i emisní hodnoty nově vyráběných automobilů.
- u oxidů dusíku se projevuje mírný pokles přibližně do poloviny osmdesátých let, kdy však dochází k pozvolnému nárůstu emisí. V tomto případě se projevuje skutečnost, že emise NO_x jsou u všech rozhodujících typů vozidel prakticky srovnatelné. Výjimkou jsou auta s dvoudobým motorem (Trabant, Wartburg), které se vyznačují nízkými emisemi NO_x a naopak vysokými hodnotami uhlovodíků. Podíl těchto aut se právě během 80. let začal snižovat. Při prakticky srovnatelných emisních hodnotách se však projevuje především postupné stárnutí vozového parku, kdy výrazný podíl mají stále automobily vyrobené či dovezené v sedmdesátých letech, protože nástup nových typů aut se oproti předchozímu desetiletí značně zpomalil.
- v průběhu průměrných emisí uhlovodíků se projevují dva výrazné nárůsty. První maximum nastává na konci šedesátých let a je spojeno s nástupem Trabantů a Wartburgů, které se vyznačují několikanásobně vyššími emisemi CH oproti ostatním automobilům. Přestože se jejich celkový podíl v tomto období pohyboval pouze na úrovni cca 10 % (v dynamické skladbě), ovlivnily vzhledem k velikosti emise poměrně zřetelně i celkovou průměrnou hodnotu emisí CH. Druhý vrchol je patrný v průběhu celých 80. let a souvisí s nástupem vozidel Škoda 105 – 120 a zvyšováním podílu Lady. Tyto automobily mají poměrně výrazně vyšší emise CH oproti (do té doby rozhodujícím) automobilům Škoda 1000 MB a Škoda 100/110.

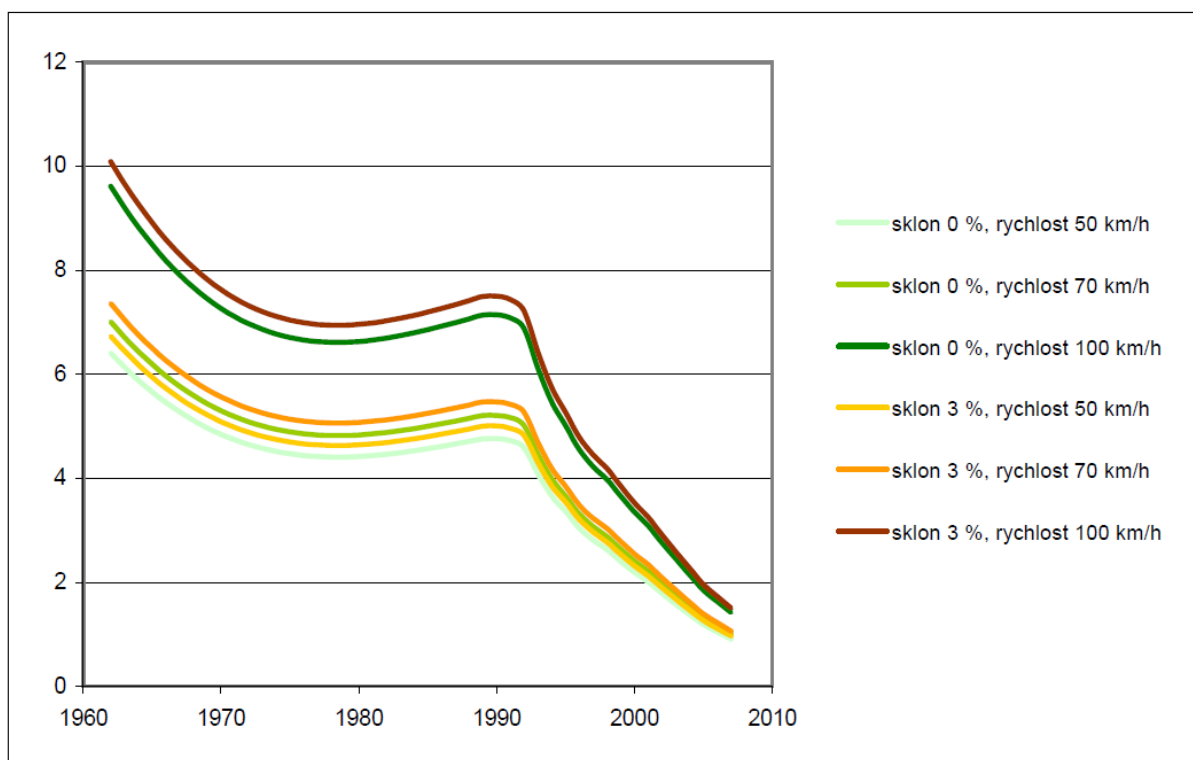
Obr. 4. Průběh emisních hodnot v období 1964 – 1990 (osobní automobily)

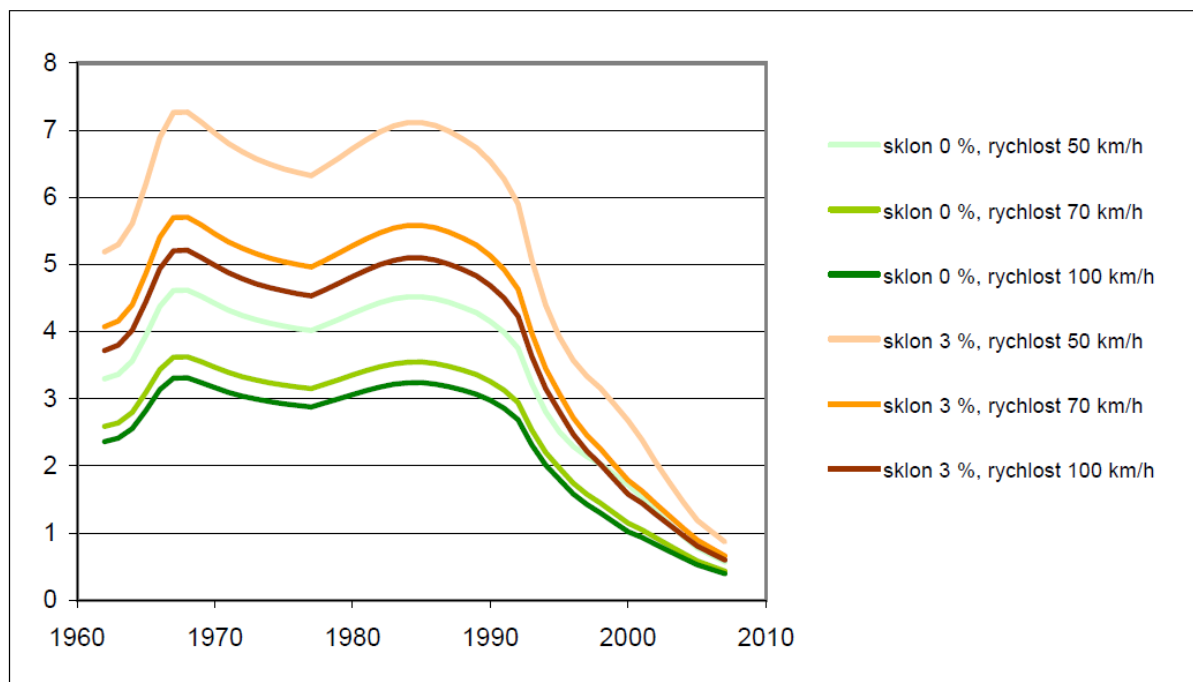


Dalším úkolem bylo modelování průběhu emisních hodnot v období let 1990 – 2007 a také stanovení reálných emisí v provozu, neboť dosud se jednalo o emise odvozené z testů ve zkušebnách. Za tímto účelem byly využity datové sestavy modelu MEFA-06. Tento model obsahuje emisní faktory v členění podle emisní kategorie – konvenční automobily (bez katalyzátoru) a vozidla splňující emisní limity EURO 1 – 4. Dále je součástí modelu sestava rovnic, které umožňují plynule modelovat změny emisí na konkrétním úseku komunikace v závislosti na rychlosti jízdy, plynulosti provozu a sklonu komunikace. Model dále obsahuje sestavy dynamické skladby vozového parku ve výše uvedeném členění (konvenční a EURO 1 až EURO 4) pro období let 2000 – 2020.

Z vývoje emisních hodnot získaných na základě dat z emisních testů pak byly odvozeny hodnoty pro rok 1995, které byly použity pro přepočítání emisí na reálné komunikaci. Ve směru do minulosti jsou pak změny emisí přepočítávány na základě rovnic odvozených pro vozový park v letech 1962 – 1995. Výsledkem je tedy kompletní emisní model, který umožňuje vyjadřovat produkci emisí na reálném úseku jak v závislosti na výpočetním roku v rozsahu let 1962 – 2007, tak i v závislosti na všech vstupních parametrech obsažených v dosavadním modelu MEFA-06, jak ukazují obrázky 5 a 6 na příkladu emisí oxidů dusíku a uhlovodíků.

Obr. 5. Vývoj emisí oxidů dusíku v závislosti na jízdních parametrech (osobní automobily)



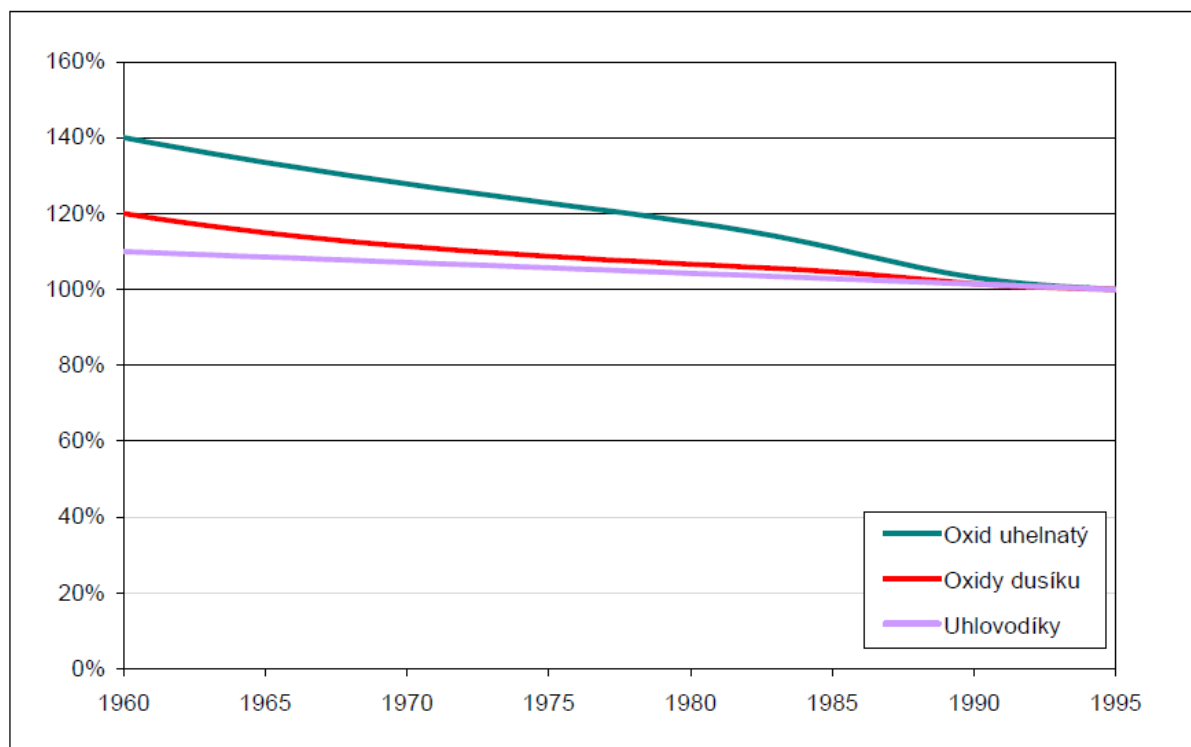
Obr. 6. Vývoj emisí uhlovodíků v závislosti na jízdních parametrech (osobní automobily)

Nákladní automobily

V případě nákladních automobilů a autobusů byla provedena obdobná rešerše a analýza dat jako u osobních vozidel. Hlavními zdroji emisních dat byly opět studie ÚVMV (Dvořáček, 1988), databáze HBEFA (Keller a kol., 2001) a archiv Škoda Auto a.s. (2007). Dalším podkladem byly výsledky emisních měření na automobilu provedených v roce 2007 pracovníky VŠCHT (Šebor, 2007).

Z porovnání dostupných dat vyplynulo, že modelování vývoje emisních hodnot na základě dat pro konkrétní automobily v návaznosti na obměnu vozového parku je v kategorii nákladních vozidel prakticky neproveditelné. Důvodem je jednak nedostatek dat, ale také skutečnost, že rozdíly mezi nově nastupujícími modely vozidel byly často minimální. Nové modelové řady nákladních aut byly často vybaveny stejným nebo obdobným motorem jako předcházející typ a změny v úrovni emisí lze odvozovat nejvýše z inovací, které se projevily např. určitým snížením spotřeby paliva. K získání podrobnějších dat nevedly ani přímé kontakty se současnými majiteli aut vyrobených před rokem 1990. U těchto automobilů je totiž v naprosté většině dosud jediným sledovaným parametrem kouřivost (opacita), údaje o produkci emisí jednotlivých znečišťujících látek nejsou při běžných technických kontrolách sledovány.

Po analýze všech dostupných podkladů tak bylo rozhodnuto provést přímé odvození průběhu emisních hodnot na základě trendů vývoje obsažených v databázi HBEFA pro území NDR. Tyto údaje potvrzují výše zjištěné skutečnosti, tj. že celkové změny emisí v rámci segmentu konvenčních nákladních automobilů byly v průběhu let mírné. Lze pozorovat postupné snižování emisí, které je výraznější v 80. letech, kdy vstoupil v platnost předpis EHK 49, který stanoví emisní limity pro těžká nákladní vozidla a autobusy. Výsledný vývoj emisních hodnot je pak zobrazen na obrázku 7.

Obr. 7. Průběh průměrné emise u nákladních konvenčních automobilů (rok 1995 = 100 %)

Vyhodnocení vývoje produkce emisí na jednotlivých úsecích komunikační sítě

Nakonec byl proveden výběr reprezentativních úseků komunikační sítě, pro něž byla zajištěna příslušná dopravní data (zejména intenzita dopravy). Vybrány byly charakteristické profily silniční a dálniční sítě ČR, na nichž je možné dokumentovat typické znaky vývoje dopravní zátěže. Použity byly dva základní zdroje informací, poskytnuté Ředitelstvím silnic a dálnic ČR:

- výsledky pravidelných celostátních sčítání dopravy, prováděných na vybraných profilech komunikační sítě již od roku 1962. Sčítání byla provedena v letech 1962/63, 1968, 1973 a dále od roku 1980 v pětiletých intervalech. Zatím poslední celostátní sčítání (v době zpracování projektu) proběhlo v roce 2005.
- výstupy z automatického sčítání dopravy ve formě průměrných denních intenzit na vybraných komunikacích

Časové řady dopravních intenzit v sobě prezentují kromě základní informace o celkovém počtu vozidel na jednotlivých sčítacích úsecích také změny významu polohy sledovaného profilu v rámci dopravní sítě a v širším pojetí i ekonomicko-politické vlivy na vývoj dopravní situace v rámci celé republiky. Každá takováto změna je představována zlomem nebo náhlým skokem ve vývojovém trendu.

Celkový vývoj dopravní zátěže silničních komunikací v Česku je značně specifický. Je charakterizován zejména nárůstem dopravních intenzit až do roku 1973, kdy proběhlo i třetí celostátní sčítání dopravy. Po tomto období až do poloviny 80. let přestalo docházet k navyšování dopravního provozu a naopak na některých profilech byl zaznamenán i mírný pokles. Od přelomu začátku 90. let pak dochází k rychlému navyšování intenzit dopravy, přičemž tento nárůst byl významně podpořen porevolučními změnami v celé společnosti.

Nárůst intenzit dopravy na dálničních profilech může být částečně ovlivněn novou výstavbou a vzájemným propojením dalších úseků dálnic, naopak ze stejného důvodu nebo například z důvodu výstavby městských obchvatů ztratily již na dopravním významu některé posuzované úseky silnic I. a II. třídy. V případě hodnocených profilů na hraničních přechodech je vývoj dopravy určen politickou situací před rokem 1990 a otvíráním hraničních přechodů po roce 1989. Otevření sousedního hraničního přechodu stejně tak jako zprovoznění souběžného dálničního úseku se na daném sčítacím profilu projeví jako pokles dopravních intenzit (v rámci širší oblasti se však jedná o nárůst dopravního výkonu).

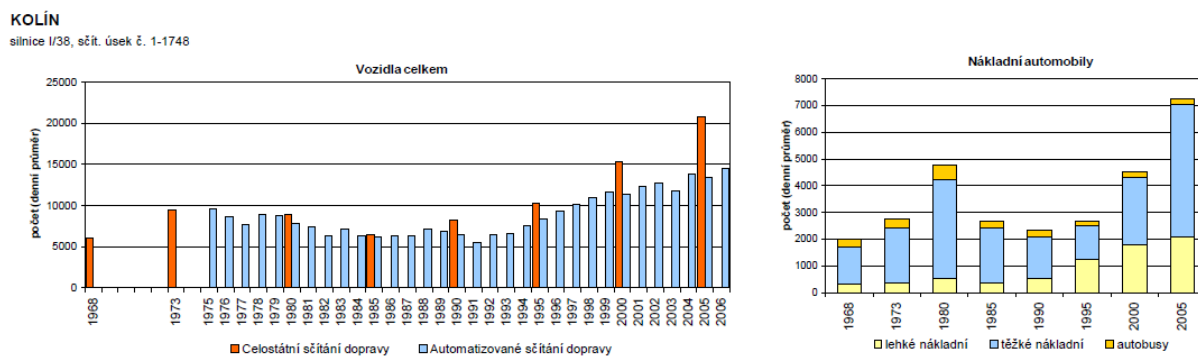
Emisní výpočty

Po zpracování údajů o intenzitách a skladbě dopravy na jednotlivých úsecích komunikační sítě České republiky a vytvoření emisního modelu byly provedeny kompletní výpočty emisí pro všechny hodnocené profily. Vypočteny byly emise oxidu uhelnatého, oxidu dusitého, oxidů dusíku, uhlovodíků a benzenu pro ty roky, pro které je ze sčítání dopravy znám stav dopravních intenzit. Vypočtené emise byly vyjádřeny v tunách na kilometr za jeden rok.

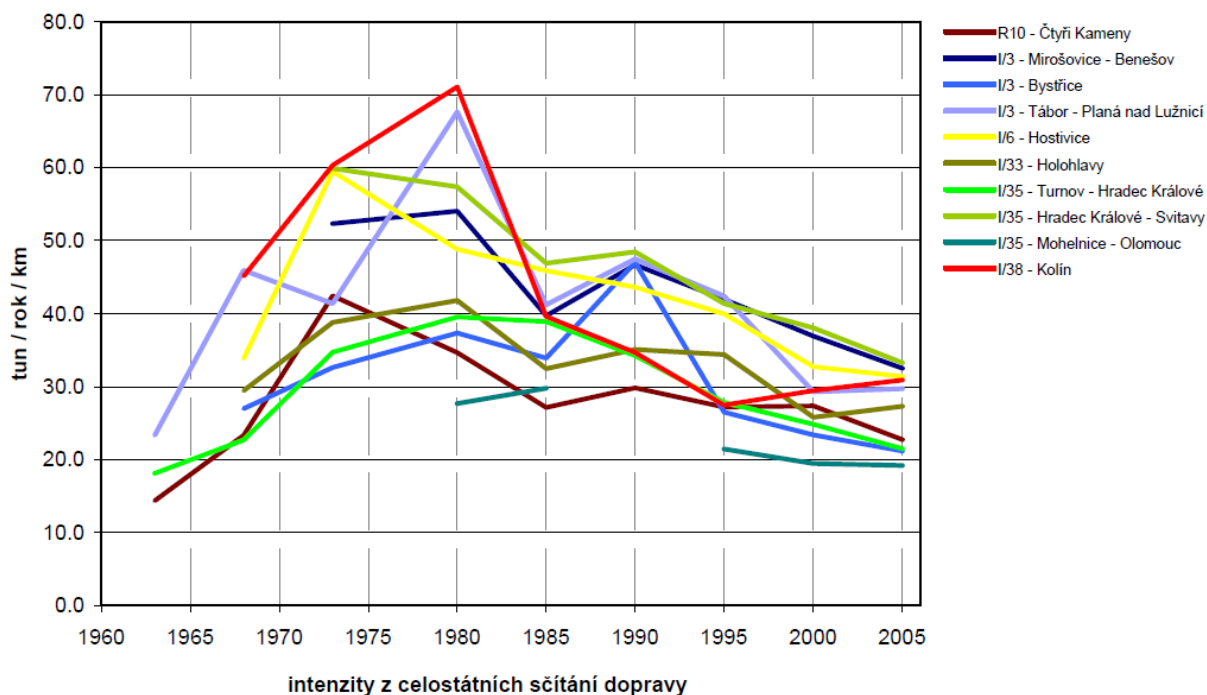
Obrázky 8 a 9 ukazují příklad vývoje intenzit automobilové dopravy na sčítacím profilu Kolín (jedná se o silnici I. třídy) a komplementární výsledek výpočtu produkce oxidu uhelnatého (emisní vývoj na sčítacím profilu Kolín je značen červeně). Jak je patrné z obrázku 9, na zobrazených profilech převládá vývoj emise nad vývojem intenzit dopravy.

Ze zjištěných výstupů z modelu je podle očekávání zřejmé, že vývoj emisí je vždy charakteristický pro shodné typy sčítacích úseků. Zatímco na silničních komunikacích s vysokým dopravním zatížením převládá v historickém průběhu emise vliv dopravního zatížení a dopravní skladby, zejména podíl nákladní dopravy, profily s nižšími dopravními intenzitami více odrážejí vývoj typické emisní hodnoty tehdejšího vozového parku.

Obr. 8. Vyhodnocení vývoje intenzit automobilové dopravy na profilu silnice I. třídy



Obr. 9. Výsledky výpočtů produkce emisí na vybraných profilech silniční a dálniční sítě ČR - oxid uhelnatý



Literatura

- Archiv Škoda a.s. (2007): Výsledky měření emisí v závodu AZNP Mladá Boleslav, Mladá Boleslav.
- Cedrych, M. R., Nachtmann, L. (2007): Škoda – auta známá i neznámá, Grada Publishing a.s., Praha.
- Dvořáček, I. (1988): Měrné emise CO, CHX a NO_x z osobních a nákladních automobilů, Ústav pro výzkum motorových vozidel Praha, Praha.
- Keller M., Koch P., Heldstab J., Staub B.D., de Haan P. (2001): Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA) v. 2.12, UBA Berlin, FOEFL Berne, INFRAS AG.
- Konopová M. (2005): Škoda Auto - včera, dnes a zítra I. – XIV. Online: www.tipcars.com.
- Kröbl, L., Dvořáček, I. (1994): Studie o stavu silniční motorové dopravy v ČR v současnosti a výhled do budoucna z hlediska druhu a objemů emisí a měrných i absolutních spotřeb paliv, Ústav pro výzkum motorových vozidel Praha, Praha.
- Merétei, T. (1995): Air Pollution by Motor Vehicles in the Urban Environment. Hungarian Experiences, OECD C3 Workshop on Environmental Impact Evaluation of Road Infrastructure Prague, Praha.
- Píša V. a kol. (2001): Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku a jeho emisních parametrů, ŘSD ČR, Praha.
- Píša V. a kol. (2007): Historický vývoj emisního zatížení z vybraných úseků dálniční a silniční sítě ČR. Hlavní město Praha.
- Píša, V. (2007): Výzkum optimálních postupů pro modelování znečištění ovzduší z automobilové dopravy a podpora praktického využití jeho výsledků, MD ČR, Praha.
- Sdružení automobilového průmyslu (2007): Kvalifikované odhady podílu vozidel provozovaných na území ČR z celkového počtu vozidel registrovaných v bývalé ČSSR. Online: <http://www.autosap.cz/>.

Šebor G. a kol. (2002): Vliv rozhodujících mobilních zdrojů emisí znečišťujících látek na kvalitu ovzduší v sídelních aglomeracích a v jiných oblastech se zhoršenou kvalitou ovzduší v návaznosti na potřebu tvorby zón podle požadavků rámcové směrnice 96/62/EC, VŠCHT Praha.

Šebor, G. (2007): Souhrnná metodika pro hodnocení emisí znečišťujících látek ze silniční dopravy – dílčí zpráva za rok 2007. MD ČR, Praha.

Tuček, J. (2007a): Auta před opony. Auto motor a sport 2/2007.

Tuček, J. (2007b): Šlágry z východu. Auto motor a sport 11/2007.

Tuček, J. (2007c): Trabant, Grada Publishing a.s., Praha.

VŠCHT (2007): Výsledky měření provedených na vozidel Škoda v r. 1993, VŠCHT Praha, Praha.

VÝZKUM DYNAMICKÉ SKLADBY VOZOVÉHO PARKU NA SILNIČNÍ SÍTI V ČR A JEHO EMISNÍCH PARAMETRŮ

Nad'a Krkošková, Josef Martinovský, Eva Smolová

ATEM – Ateliér ekologických modelů, s.r.o., Hvožd'anská 2053/3, 148 01 Praha 4, e-mail: atem1@atem.cz

Abstrakt

Jedním ze základních podkladů pro výpočet emisí z automobilové dopravy je aktuální dynamická skladba vozového parku. Společnost ATEM – Ateliér ekologických modelů, s.r.o. vyvinula a průběžně inovuje metodiku získávání a zpracování těchto dat, jež zahrnuje dopravní průzkumy, převod výsledků do datových sestav, zajištění dat o technických parametrech jednotlivých zaznamenaných vozidel ve spolupráci se správcem Centrálního registru vozidel, agregaci a zpracování získaných dat, vyhodnocení aktuálního stavu dynamické skladby vozového parku z hlediska emisních parametrů a porovnání zjištěné dynamické skladby se skladbou statickou. Tato metodika je úspěšně aplikována od roku 2001 při pravidelném zjišťování aktuální dynamické skladby vozového parku na silniční síti v ČR a jeho emisních parametrů. Doposud byly zpracovány tři studie zahrnující celé území ČR (v letech 2001, 2005 a 2010) a jedna studie zaměřená na území hlavního města Prahy (v roce 2009).

Hlavním výsledkem těchto studií je především vytvoření datové základny s aktuální dynamickou skladbou vozového parku na území ČR obsahující údaje o emisních parametrech používaných vozidel. Mezi dalšími výstupy lze jmenovat srovnání statické a dynamické skladby vozového parku, údaje o stáří automobilů pohybujících se na českých silnicích, ale i žebříček nejpoužívanějších značek automobilů.

Výsledky uskutečněných projektů prokázaly, že použitá metoda umožňuje získat dostatečné údaje o dynamické skladbě dopravního proudu z hlediska jeho emisních i dalších parametrů a že získané výstupy odrážejí skutečnou a aktuální strukturu vozového parku na komunikační síti. Tyto výsledky slouží prakticky okamžitě k aktualizaci příslušných metodik a výpočetních programů pro přesné stanovení množství emisí znečišťujících látek a emisí hluku z automobilové dopravy. V současné době je navíc rozpracován projekt, jež má za úkol rozvinout používanou metodiku, eliminovat podstatnější nedostatky a zjednodušit řešení budoucích aktualizací.

Úvod

Množství emisí znečišťujících látek, které jsou produkovány automobilovou dopravou, je kromě intenzit dopravy zásadně ovlivněno skladbou vozového parku (Adamec a kol., 2009), tj. procentuálním zastoupením vozidel podle jejich emisních charakteristik. Skladbu vozového parku je možno charakterizovat dvěma termíny: tzv. statická skladba vyjadřuje zastoupení vozidel dle záznamů v Centrálním registru, zatímco tzv. dynamická skladba vyjadřuje skutečné zastoupení vozidel v dopravním proudu (Píša a kol., 2001).

Údaje o skladbě vozového parku mají podstatný vliv na výsledek emisního výpočtu vzhledem k velmi rozdílné výši měrných emisí u jednotlivých emisních kategorií, pro výpočet emisí je proto nezbytné mít k dispozici co nejpřesnější odhad dynamické skladby vozového parku (Píša a kol., 2001). Údaje z registru vozidel (tj. statickou skladbu) nelze k tomuto účelu použít, neboť skutečné zastoupení vozidel na komunikacích se značně liší od zastoupení aut v registru. To se týká zejména nejstarší

skupiny automobilů, neboť v registru jsou ve značném počtu zaznamenána vozidla, která jejich majitelé již nepoužívají vůbec nebo jen výjimečně. Toto tvrzení bylo opakovaně prokázáno ve studiích Píši a kol. (2001, 2006, 2009 a 2010), jak lze názorně vidět na obrázku 2.

Podklady o skutečném zastoupení vozidel na komunikacích jsou proto získávány pomocí podrobných dopravních průzkumů, při kterých jsou nejprve zaznamenávány registrační značky konkrétních automobilů a k nim jsou poté dohledávány jejich technické a emisní parametry. Obdobné šetření bylo dosud provedeno v České republice pouze čtyřikrát, a to v letech 2001, 2005 a 2010 v rámci projektů Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD) ČR a dále v roce 2009 pro potřeby pražského magistrátu, jak ukazuje níže uvedený přehled.

Téma dynamické skladby vozového parku bylo doposud zpracováno v následujících studiích:

- studie z roku 2001 pro ŘSD „Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku a jeho emisních parametrů“ (Píša a kol., 2001)
- studie z roku 2005 pro ŘSD „Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku na silniční síti v ČR a jeho emisních parametrů v roce 2005“ (Píša a kol., 2006)
- studie z roku 2009 pro Magistrát hl. m. Prahy „Vyhodnocení dynamické skladby vozového parku na území hlavního města Prahy v roce 2009“ (Píša a kol., 2009)
- studie z roku 2010 pro ŘSD „Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku na silniční síti v ČR a jeho emisních parametrů v roce 2010“ (Píša a kol., 2010)

Všechny studie používají jednotnou, ač průběžně modernizovanou metodiku, která je spolu s výběrem nejaktuálnějších výsledků představena v tomto článku.

Metodika

Metodika výzkumu dynamické skladby vozového parku byla ve všech letech jednotná, pouze v některých částech se vyvíjela a modernizovala, jak bude popsáno níže. Řešení projektu se vždy sestávalo z následujících kroků:

- provedení dopravních průzkumů na reprezentativních úsecích silniční sítě ČR
- převod výsledků dopravních průzkumů do datových sestav
- zajištění dat o technických parametrech jednotlivých zaznamenaných vozidel ve spolupráci se správcem Centrálního registru vozidel
- agregace a zpracování dat za jednotlivé profily
- vyhodnocení aktuálního stavu dynamické skladby vozového parku na sledovaných komunikacích podle značky a výrobního typu automobilu, stáří vozidla, emisní normy (pokud byla v registru uvedena) a dalších parametrů
- vyhodnocení skladby vozového parku v příslušném roce z hlediska emisních parametrů
- porovnání zjištěné dynamické skladby vozového parku se statickou skladbou

Dopravní průzkumy

Pro dopravní průzkumy byla zvolena metoda ručního záznamu registračních značek automobilů. Průzkumy byly organizovány jako jednodenní v délce 10 hodin a v jejich průběhu byly na diktafony zaznamenávány registrační značky projíždějících vozidel. Dopravní průzkumy byly provedeny na vybraných profilech zahrnujících dálnice a rychlostní silnice, velká i středně velká města, menší obce i extravilánové komunikace různého významu. Sčítané úseky se ve všech studiích zachovávaly, docházelo pouze k přidávání nových úseků, jak ukazuje srovnávací tabulka 1. Do hodnocení v roce 2010 nebyly oproti předchozím etapám projektu zahrnuty pražské komunikace, neboť pro ně byly získány údaje v projektu o rok dříve.

Tab. 1. Srovnání úseků sčítaných v letech 2001, 2005, 2009 a 2010

Název úseku	Sčítáno v roce			
	2001	2005	2009	2010
Praha – Jižní spojka	×	×	×	
Praha – Čimická ul.	×	×	×	
Praha – Vinohradská ul.	×	×	×	
Praha – Pražský okruh			×	
Praha – Evropská ul.			×	
Praha – Strakonická ul.			×	
Praha – Argentinská ul.			×	
Praha – Žitná ul.			×	
Praha – ul. Elišky Přemyslovny			×	
Praha – Slánská ul.			×	
Plzeň – Nepomucká ul. (silnice I/20)	×	×		×
Česká Lípa – silnice I/9	×	×		×
Pravy (okres Pardubice) – silnice II/323	×	×		×
Všechromy – dálnice D1, Všechromy	×	×		×
Benátky nad Jizerou – silnice R/10	×	×		×
Kolín – silnice I/12	×	×		×
Zvíkovské Podhradí (okres Písek) – silnice II/138	×	×		×
Dobřenice (okres Hradec Králové) – silnice II/323				×
Kostelec nad Labem – silnice II/101 (peáž s II/244)				×
Olomouc – silnice R35, obchvat města				×
Opava – silnice I/11 (peáž s I/46 a I/57), ul. Olbrichova				×
Ostrava – silnice II/479, ul. 28. října				×

V roce 2001 bylo výše popsaným způsobem pořízeno celkem 120 812 záznamů registračních značek, v roce 2005 bylo získáno 69 674 záznamů, v roce 2009 (tj. pouze v Praze) 88 198 značek a v roce 2010 bylo pořízeno 60 254 záznamů.

Zpracování dat

Údaje z dopravního průzkumu byly následně zpracovány, tj. manuálně převedeny z audiozáznamu do elektronické podoby. Tím vznikly databázové soubory připravené na přiřazení informací o jednotlivých vozidlech ve formě exportních souborů pro informační systém správce dat Centrálního registru vozidel, kterým je v současnosti Odbor provozu silničních vozidel Ministerstva dopravy ČR. Pracovníci Centrálního registru pak přiřadili jednotlivým vozidlům údaje, které se staly výchozím podkladem pro vyhodnocení emisních parametrů vozidel. Z důvodu ochrany osobních údajů byly z výstupní databáze odstraněny registrační značky, získaná data mají tedy pouze vazbu na sčítací místo, avšak nikoli již na konkrétní automobil.

Agregace dat

Získaná data o jednotlivých automobilech byla následně zpracována tak, aby bylo možné na každém profilu vyhodnotit jednotlivé skupiny vozidel a jejich emisní parametry. Následně byly vypracovány přehledy zastoupení jednotlivých značek (tovární značka + typ) v rozdělení po kategoriích dle roku výroby, objemu motoru a druhu paliva. Ve studiích z r. 2001 a 2005 byly automobily s datem výroby před rokem 1985 sloučeny do jedné skupiny.

Při řešení projektu v roce 2001 se na silnicích pohybovaly automobily, které byly v databázi Centrálního registru vozidel vedeny jako nákladní (označené žlutou SPZ), ale z hlediska plnění emisních předpisů odpovídaly osobním vozidlům. Tato vozidla byla zařazena do samostatné kategorie „dodávky“. V roce 2005 však již tento postup nebylo možné použít, neboť zavedením nových registračních značek bylo zrušeno jejich rozdělení na bílé a žluté a bylo tedy nutné postupovat jiným způsobem – na základě statistik Centrálního registru vozidel byla odlišena skupina nákladních aut, která byla následně rozdělena na lehká a těžká nákladní vozidla podle celkové hmotnosti. Ve studiích z let 2009 a 2010 se problém při rozdělení vozidel do základních kategorií (osobní, nákladní, autobusy) objevil opět, a to u „dodávek“, či „lehkých nákladních automobilů“. V Centrálním registru se projevuje umělá deformace, kdy jsou vozidla, technicky spadající mezi osobní, registrována jako nákladní z důvodu odpočtu DPH. Proto byla pro účely hodnocení vymezena samostatná kategorie „malé užitkové vozy“, která zahrnuje jak osobní automobily, tak i reálné menší nákladní vozy (dodávky).

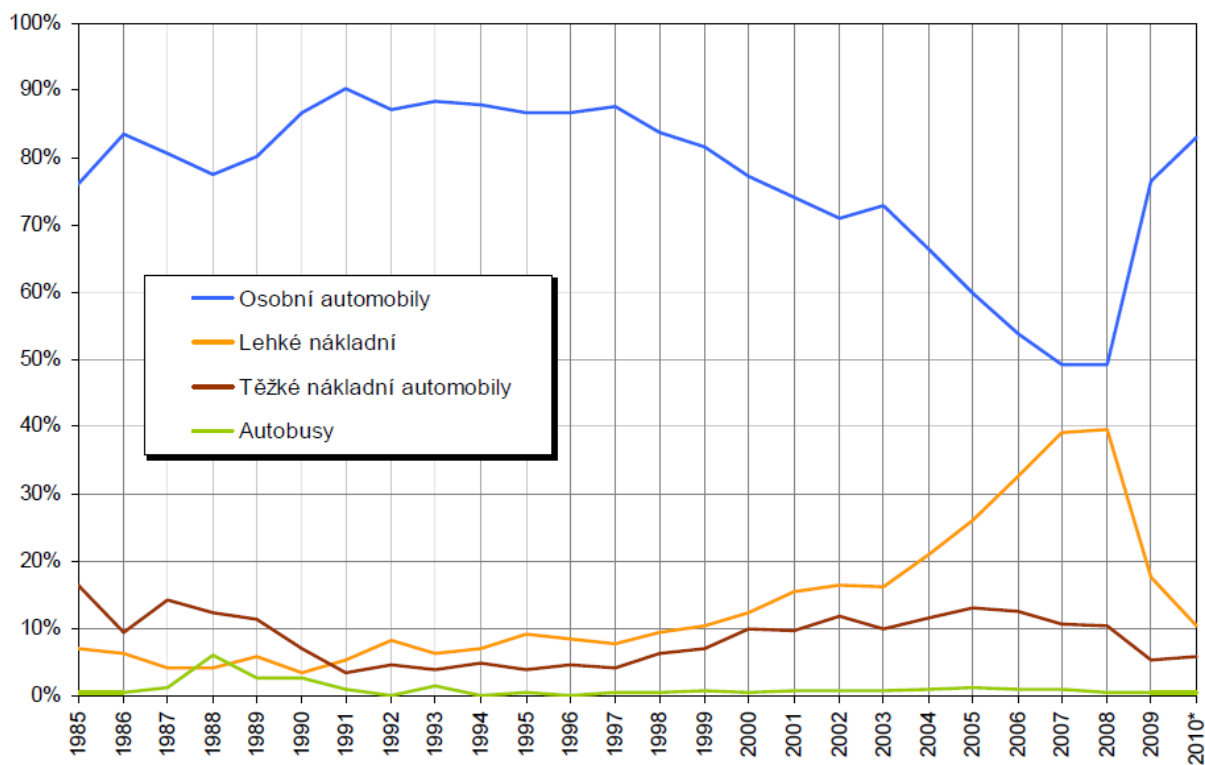
Výsledné rozdělení vozidel do jednotlivých kategorií ve studiích z let 2009 a 2010 se tak poněkud liší od rozdělení použitých v předchozích projektech. Z tohoto důvodu nelze údaje v kategorii „lehkých nákladních vozidel“ mezi výstupy projektů z různých let přímo srovnávat.

Výše uvedené problémy s kategorií lehkých nákladních automobilů ilustruje obrázek 1 ze studie Píša a kol. (2010). Zde je jasně patrné, jaký vliv měla deformace trhu způsobená zákonnou úpravou, která od roku 2004 znemožňovala odpočet DPH na osobní vozidla pro účely podnikání: mezi lety 2004 a 2008 je zřetelný významný nárůst podílu malých užitkových vozidel. Na začátku roku 2009 byla možnost odpočtu DPH u osobních aut opět zavedena, načež podíl malých užitkových vozidel prudce klesl a v roce 2010 se víceméně vyrovnal na předchozí úroveň. I přesto je v letech 1997 – 2002 zřejmý nárůst podílu nákladních vozidel oproti osobním, což indikuje rychlejší obnovu v kategorii nákladních automobilů, danou zejména jejich pravděpodobným větším využitím a tím kratší časovou životností.

Zařazení automobilů podle emisních předpisů EU a EHK

Každé položce databáze byl ve spolupráci s pracovníky Ústavu pro výzkum motorových vozidel přiřazen příslušný emisní předpis EHK. Přiřazení bylo provedeno na základě roku výroby, objemu motoru, používaného paliva, tovární značky a typu automobilu. V nejnovějších projektech (z let 2009 a 2010) byla každé položce z databáze přiřazena také norma EURO, což bylo provedeno primárně na základě záznamu o normě EHK/EHS/ES v registru vozidel. Pokud byl v databázi tento údaj vyplněn, bylo možno jej provázat na náležitou normu EURO podle příslušných emisních předpisů podle přiřazovací tabulky (viz tab. 2). Pokud u daného automobilu norma v registru nebyla uvedena, přiřazení bylo provedeno na základě roku výroby jednotlivých typů vozidel, používaného paliva a užitečné hmotnosti automobilu.

Obr. 1. Podíly jednotlivých kategorií vozidel v roce 2010 na všech sledovaných profilech na jejich celkovém počtu podle roku výroby (Píša a kol., 2010)



Tab. 2. Směrnice EHS/ES a předpisy EHK OSN, které stanovují limity emisí nečistot ve výfukových plynech automobilů, a jejich zařazení podle norem EURO (Píša a kol., 2010)

	Skupina vozidel	plní EURO 0 a starší		plní EURO 1		plní EURO 2		plní EURO 3		plní EURO 4		plní EURO 5 a vyšší	
		EHS/ES	EHK	EHS/ES	EHK	EHS/ES	EHK	EHS/ES	EHK	EHS/ES	EHK	EHS/ES	EHK
osobní automobily	kat. M1 s největší povolenou hmotností do 2,5 t a obsaditelností do 6 osob	70/220 74/290 77/102 78/665	83 R01 A 15 R00 83 R00 A 83 R00 B 15 R01 15 R02	91/441 93/59	83 R01 B	94/12 96/44	83 R03 B 83 R03 C	98/69 A 1999/102 A 2001/1 A		98/69 B 1999/102 B 2001/1 B 2001/100 B 2002/60 B 2002/60 B			
	kat. M1 s největší povolenou hmotností nad 2,5 t a/nebo obsaditelností nad 6 osob	83/351 88/436 89/458 89/491	15 R03 15 R04 83 R01 B 83 R01 C se vznětovým motorem	94/12	83 R02 B 83 R03 B	96/69 98/77	83 R04 B 83 R04 C	2001/100 A 2002/80 A 2002/80 A 2003/76 A	83 05 A	2003/76 B 2005/55 B1 2005/55 C 2005/78 B 2005/78 C 2006/51 C 2006/51 C 2006/56 B	83 05 B	1999/96 B2 2001/27 B2 2005/55 B2 2008/74 692/2008 715/2007	49 R03 B2 49 R04 B2
	kat. M1 s největší povolenou hmotností nad 3,5 t				49 R02 A se vznětovým motorem	91/542 B 96/1 B	49 R02 B	1999/96 A 2001/27 A	49 R03 A 49 R04 A	1999/96 B1 2001/27 B1	49 R03 B1 49 R04 B1		
ostatní automobily	vozidla s největší povolenou hmotností do 3,5 t	70/220 74/290 77/102 78/665	15 R00 15 R01 15 R02 15 R03	91/441 93/59 94/12 *	49 R02 A * 83 R02 B ** 83 R02 C 83 R03 B ** 83 R03 C **	94/12 96/1 96/1 B 96/44	83 R04 B 83 R04 C 49 R02 B	98/69 A 1999/96 A 1999/102 A 2001/1 A	83 R05 A	1999/100 B 2001/100 B 2002/60 B 2002/60 B	83 05 B	1999/96 B2 2001/27 B2 715/2007	49 R03 B2 49 R04 B2
	vozidla s největší povolenou hmotností nad 3,5 t	83/351 88/436 89/458	15 R04 83 R00 83 R00 C 83 R01 C			96/69 98/77 91/542		2001/100 A 2002/80 A 2002/80 A 2003/76 A	49 R04 A	2002/60 B 2003/76 B 2005/55 B1 2005/55 B2 2005/55 C 2005/78 2006/51	49 R04 B1 49 R04 B2		

Poznámky: * pouze pro N1, ** pouze pro N1 se zážehovým motorem a hmotností nad 2,5t

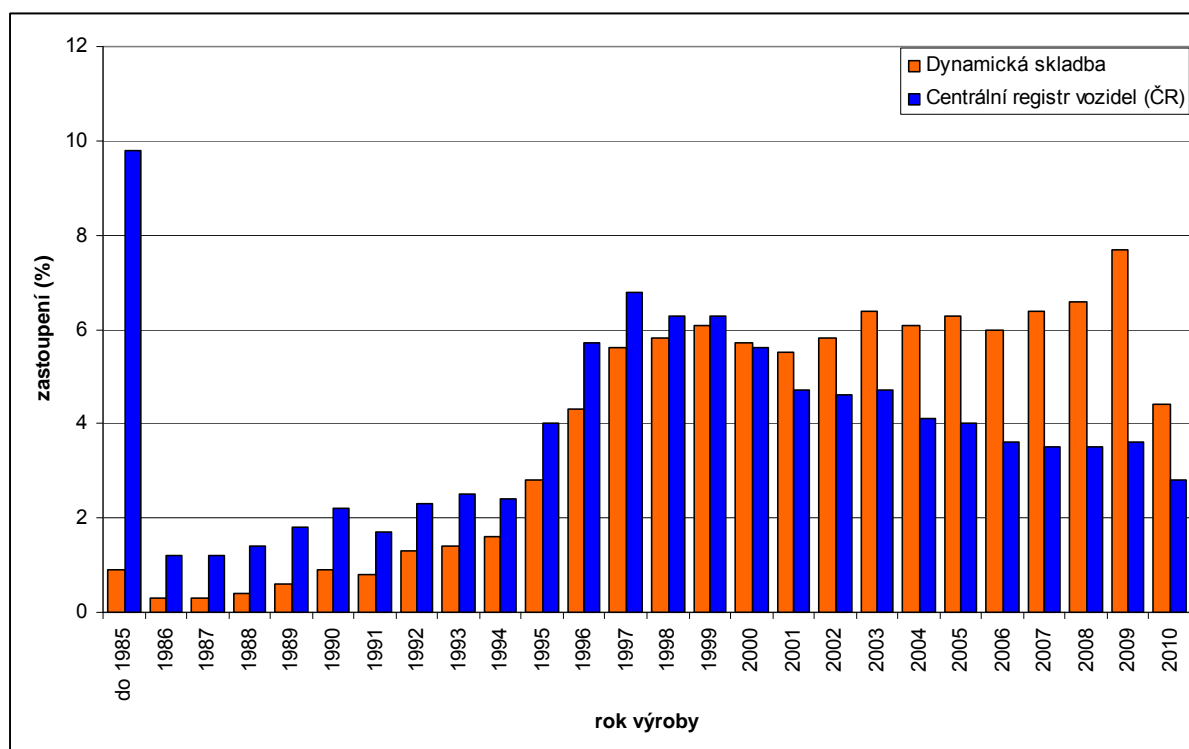
Výsledky

Porovnání statické a dynamické skladby vozového parku

Porovnání výsledků všech čtyř prezentovaných studií (Píša a kol. 2001, 2006, 2009 a 2010) s tzv. statickou skladbou vozového parku (tj. se zastoupením automobilů v Centrálním registru vozidel) potvrzuje, že novější vozidla jsou využívána častěji než vozidla starší. To znamená, že zastoupení novějších vozidel na komunikacích je vyšší než by odpovídalo jejich podílu v Centrálním registru vozidel.

Na obrázku 2 je uvedeno porovnání poměru mezi počtem automobilů na komunikacích a počtem registrovaných vozidel v členění podle roku výroby dle výzkumu Píša a kol. (2010). Graf tedy umožňuje porovnat „míru využití“ vozidel ve vztahu k jejich stáří – čím je uvedený poměr vyšší, tím je auto více využíváno. Z grafu je zřejmé, že čím je automobil starší, tím menší je jeho využití (pozn. poslední rok 2010 nelze srovnávat vzhledem k nesouladu mezi termínem provádění sčítání a datem platnosti údajů z registru). Tento trend nalezneme ve všech evropských zemích, kde zhruba platí, že zcela nové vozidlo má asi dvojnásobný proběh oproti vozidlu starému 10 let. Díky tomuto jevu se daří přibližně kompenzovat nárůst dopravního provozu snížením měrných emisí z vozidel, a tak udržovat celkové množství vyprodukovaných emisí znečišťujících látek na poměrně konstantní úrovni.

Obr. 2. Zastoupení automobilů dle roku výroby – porovnání dynamické a statické skladby vozového parku (Píša a kol., 2010)



Stáří automobilů pohybujících se na českých silnicích

Při porovnání výsledků nejnovějších studií (Píša a kol., 2009 a 2010) s předchozími etapami (Píša a kol., 2001 a 2006) je možné vysledovat, že průměrné stáří osobních vozidel v České republice se za posledních 10 let příliš nezměnilo. Na kapacitních komunikacích (dálnice a rychlostní silnice) se pohybuje těsně pod 7 roky, na silnicích I. třídy mezi 8 a 9 roky, na II. třídách lehce přes 9 let. U nákladních vozidel došlo k větším změnám, převládá jednoznačně snížení průměrného stáří, což indikuje rychlejší obnovu vozového parku.

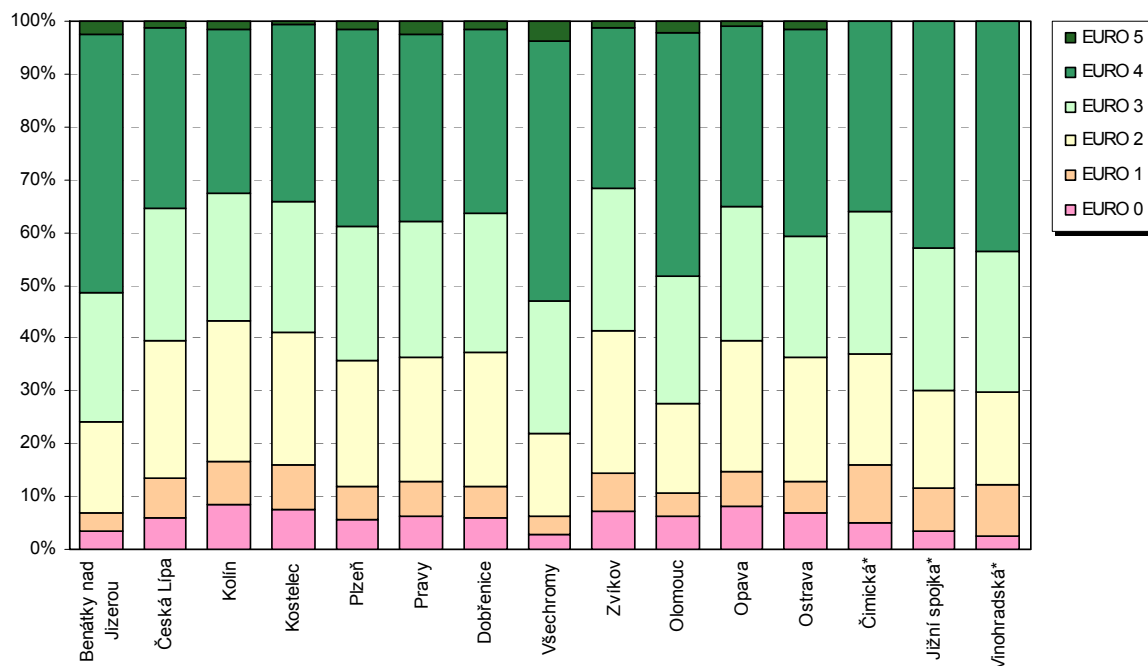
Výsledky studie Píša a kol. (2010) dále potvrdily, že na kapacitních komunikacích a ve velkých městech lze očekávat emisně příznivější skladbu vozového parku. To znamená, že po dálnicích a rychlostních komunikacích se pohybují častěji nová auta, naproti tomu na silnicích nižších tříd jsou více zastoupena auta starší. Toto rozdělení stále přetrvává i přes celkové zlepšování ve všech třech hodnocených časových horizontech od roku 2001.

Skladba dynamického vozového parku dle emisních parametrů

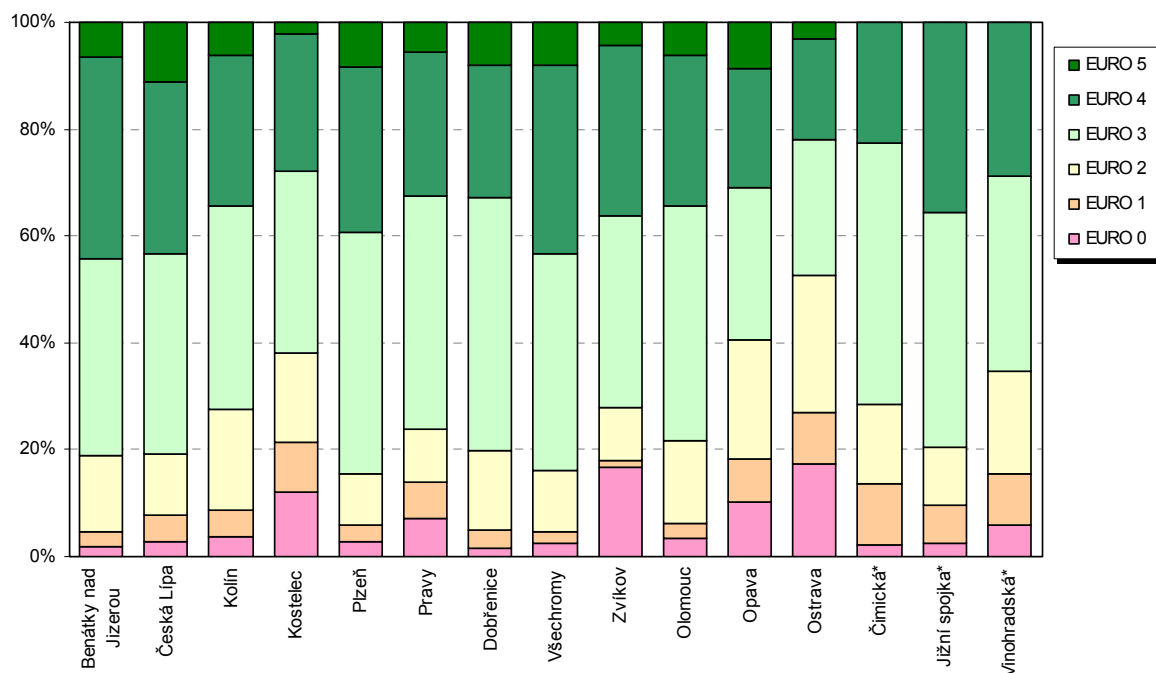
Výsledný orientační přehled dynamické skladby vozového parku v roce 2010 z hlediska emisních parametrů vozidel uvádějí obrázky 3 a 4 (Karel & Jareš, 2011). Z vyhodnocení provedeného ve studii Píša a kol. (2010) vyplývá, že na komunikacích stále probíhá zcela zásadní obměna vozového parku, kterou komentuje Ředitelství silnic a dálnic (2010) slovy: „Rychlost obnovy vozového parku ČR je obdivuhodná.“ Například v roce 2001 dosahoval podíl osobních automobilů neplnících ani normu EURO 1 na dálnicích a rychlostních silnicích 22 – 25 %, na ostatních profilech dokonce 40 – 60 %. V roce 2010 již jejich zastoupení činilo jen kolem 3 % na kapacitních komunikacích a 5 – 8 % na ostatních silnicích. U nákladních aut se jedná o ještě radikálnější pokles z 30 – 70 % na 1 – 6 %

(Karel & Jareš, 2011). Celkově lze konstatovat, že stáří a kvalita vozového parku na území České republiky jsou dnes již na srovnatelné úrovni se západoevropskými státy (ŘSD, 2010).

Obr. 3. Rozdělení osobních automobilů dle emisních předpisů na jednotlivých profilech (Karel & Jareš, 2011)



Obr. 4. Rozdělení nákladních automobilů dle emisních předpisů na jednotlivých profilech (Karel & Jareš, 2011)



*u pražských profilů se jedná o data k roku 2009, kategorie EURO 4 a 5 byly v projektu MHMP sloučeny

Skladba dynamického vozového parku dle továrních značek

Jedním z výstupů projektu hodnocení dynamické skladby vozového parku je také zastoupení továrních značek automobilů na českých silnicích. V kategorii osobních automobilů byla ve všech hodnocených letech nejvíce zastoupenou značkou Škoda (např. v roce 2010 tvořila více než 36 % dopravního proudu). Srovnání pěti nejčastějších značek osobních automobilů dle studií Píša a kol. (2001, 2006, 2009 a 2010) uvádí tabulka 3. V ostatních kategoriích vozidel jsou údaje o továrních značkách dle poslední studie Píša a kol. (2010) následující: z lehkých nákladních automobilů představoval v roce 2010 největší podíl Ford Transit (12,5 %), z těžkých nákladních vozů byly nejčastější Iveco, Mercedes-Benz a Man a z autobusů byly nejvíce zastoupeny SOC C a Karosa C.

Tab. 3. Pět nejčastěji zastoupených značek osobních automobilů v dynamické skladbě vozového parku v ČR v letech 2001, 2005, 2009 a 2010

Pořadí	2001 (ČR)	2005 (ČR)	2009 (Praha)	2010 (ČR)
1.	Škoda	Škoda	Škoda	Škoda
2.	Opel	Ford	Volkswagen	Ford
3.	Ford	Volkswagen	Ford	Volkswagen
4.	Volkswagen	Renault	Renault	Renault
5.	Peugeot	Peugeot	Opel	Peugeot

Závěr

Výsledky čtyř projektů zabývajících se dynamickou skladbou vozového parku jednoznačně prokázaly, že použitá metoda umožňuje získat dostatečné údaje o dynamické skladbě dopravního proudu z hlediska jeho emisních i dalších parametrů a že získané výsledky odrážejí současnou strukturu vozového parku na komunikační síti. Pro účely hodnocení dopadů automobilové dopravy na kvalitu ovzduší a zdraví obyvatel (zejména v rámci posuzování vlivů dopravy na životní prostředí) je nutné i nadále zachovávat pravidelnou aktualizaci minimálně v intervalu cca 4 – 5 let. Získané výsledky slouží prakticky okamžitě k aktualizaci příslušných metodik a výpočetních programů pro přesné stanovení množství emisí škodlivin a emisí hluku z automobilové dopravy a tím i ke zpřesňování získaných výsledků.

Očekává se však, že metodika výzkumu dynamické skladby vozového parku a jeho emisních parametrů se bude dále zdokonalovat. V současnosti je totiž řešen projekt podporovaný Technologickou agenturou ČR (č. TA04021566) „Doplnění chybějících dat o dynamické skladbě vozového parku pro účely výpočtu emisí z automobilové dopravy“. Cílem projektu je zpřesnění v oblastech, kde byly identifikovány nedostatky dosud používaných datových matic. Jedná se především o data pro venkovské úseky (nereprezentativní statistický vzorek) a dále o chybějící údaje pro zahraniční automobily. V probíhajícím projektu bude navrženo řešení budoucích aktualizací bez nadměrných nároků na veřejné rozpočty a jedním z výstupů bude i počítačová aplikace pro práci s daty o vozovém parku.

Literatura

Adamec V., Dufek J., Jedlička J., Huzlík J. (2009): Modelování imisí v dopravě. Centrum dopravního výzkumu, online: <http://www.cdv.cz/modelovani-imisi-v-doprave/>.

Karel J., Jareš R. (2011): Hodnocení dynamické skladby vozového parku na silniční síti České republiky. Dopravní inženýrství, 02/2011, p. 29–30.

Píša V., Jareš R., Karel J., Říha M., Štych P. (2001): Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku a jeho emisních parametrů, ŘSD ČR, Praha.

Píša V., Karel J., Jareš R., Martinovský J., Polák R. (2010): Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku na silniční síti v ČR a jeho emisních parametrů v roce 2010, ŘSD ČR, Praha.

Píša V., Karel J., Jareš R., Martinovský J., Polák R., Říha M. (2006): Zjištění aktuální dynamické skladby vozového parku na silniční síti v ČR a jeho emisních parametrů v roce 2005, ŘSD, Praha.

Píša V., Karel J., Jareš R., Martinovský J., Polák R., Říha M. (2009): Vyhodnocení dynamické skladby vozového parku na území hlavního města Prahy v roce 2009, Hlavní město Praha, Praha.

ŘSD ČR (2011): Jaká auta skutečně jezdí na českých silnicích? Ředitelství silnic a dálnic, online: <http://www.rsd.cz/>.