

# METODICKÉ ZÁSADY VÝPOČTŮ EMISÍ Z DOPRAVY

Jiří Dufek, Vladimír Adamec, Jiří Jedlička

*Centrum dopravního výzkumu, Česká republika*

Emise produkované dopravou se v posledních letech velmi významně podílí na celkovém znečištění ovzduší. Z globálních vlivů je pak nejvýraznější vzrůstající podíl na skleníkovému efektu. Množství automobilů, i přes snahy různých redukčních opatření, ve světě rok od roku stoupá a tím dochází i k nárůstu emisí z dopravy.

## Principy a metodické přístupy

K výpočtům emisí produkovaných dopravou je používána „Metodika stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší pro všechny druhy dopravy“ (dále Metodika CDV), která byla schválena a doporučena Ministerstvem dopravy v roce 2001. Metodika zahrnuje pouze emise vzniklé přímo při provozu dopravních prostředků. V současné podobě metodika prozatím nezahrnuje emise z výroby elektrické energie spotřebované elektrickými vozidly ani emise z motorů ne-dopravních strojů a prostředků, používaných např. v zemědělství, stavebnictví, armádě nebo domácnostech.

Metodika zohledňuje následující požadavky a předpoklady

|   |                        |  |
|---|------------------------|--|
| A | Předpoklad (požadavek) | Každý výsledek výpočtů produkce emisí z dopravy by měl být funkcí naměřených emisních faktorů dopravních prostředků, tzn. měl by přímo záviset na těchto faktorech.          |
|   | Zohlednění             | Byla vytvořena databáze měřených emisních faktorů která je nedílnou součástí metodiky.   |
| B | Předpoklad (požadavek) | Metodika by měla umožnit porovnat produkci emisí jednotlivých druhů dopravy, případně dalších mobilních zdrojů.  |
|   | Zohlednění             | Metodika spočívá v rozdělení spotřeby pohonných hmot mezi jednotlivé druhy dopravy (přístup „top down“), po odpočtu spotřeby v zemědělství a odhadu v dalších resortech.     |
| C | Předpoklad (požadavek) | Různé dopravní prostředky produkují při spálení stejného množství paliv rozdílná množství polutantů.   |
|   | Zohlednění             | Kategorizace dopravních prostředků – rozdělení do celkem 23 kategorií podle charakteristických znaků, které rozhodující měrou ovlivňují emisní zátěž.                        |
| D | Předpoklad (požadavek) | Novější osobní vozidla splňující limity EURO najezdí ročně podstatně více kilometrů než starší vozidla nevybavená účinnými katalyzátory.                                     |
|   | Zohlednění             | Distribuce spotřeby pohonných hmot se provádí u vybraných kategorií podle ujetých kilometrů proběhů.   |
| E | Předpoklad (požadavek) | Tzv. „skleníkové plyny“ mají jiné účinky než ostatní polutanty a proto by se měly kalkulovat a hodnotit odděleně.  |
|   | Zohlednění             | Při kalkulaci emisí oxidů dusíku a uhlovdíků se vyčleňují metan a oxid dusný a ty jsou poté hodnoceny společně s oxidem uhličitým jako skleníkové plyny.                     |
| F | Předpoklad (požadavek) | Množství emisí dopravy není přímo úměrné množství přepraveného nákladu ani počtu přepravených osob.  |
|   | Zohlednění             | Metodika vychází z celkové spotřeby pohonných hmot u příslušného druhu dopravy. Přepravní výkony jsou použity k vyjádření poměrné spotřeby paliv jednotlivými druhy dopravy. |

S pomocí této metodiky je možno kalkulovat emise jakýchkoliv polutantů za předpokladu znalosti naměřených emisních faktorů. Metodika je používána pro výpočty celkových emisí v ČR a ve všech krajích. Rozsah znečišťujících látek, jejichž emise jsou kalkulovány, je následující:

- látky přispívající k dlouhodobému oteplování atmosféry: oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), oxid dusný (N<sub>2</sub>O);
- látky s emisními limity danými legislativou: oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>), uhlovodíky (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) a pevné částice (PM);
- látky nelimitované s nepříznivými zdravotními účinky: oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>), olovo (Pb), polyaromatické uhlovodíky (PAH) a polychlorované dibenzodioxiny (PCDD) a dibenzofurany (PCDF).

Metodika rozděluje dopravní prostředky do celkem 23 kategorií. Při rozdělení se uplatnila následující kritéria: druh dopravy, používané palivo a vybavení vozidel účinnými katalyzátory. Ke každé kategorii jsou přiřazeny emisní faktory vyjádřené v g. kg<sup>-1</sup> paliva.

Tabulka 1 Kategorie pro kalkulaci emisí z dopravy:

| Číslo | Označení | Popis kategorie   |
|-------|----------|---|
| 1     | ID.B1    | individuální doprava, benzínová osobní vozidla jednostopá                                   |
| 2     | ID.B2    | individuální doprava, benzínová osobní vozidla dvoustopá bez řízených katalytických systémů |
| 3     | ID.B3    | individuální doprava, benzínová osobní vozidla dvoustopá s řízenými katalytickými systémy   |
| 4     | ID.N     | individuální doprava, naftová osobní vozidla dvoustopá                                      |
| 5     | ID.LPG   | individuální doprava, osobní vozidla jezdící na LPG   |
| 6     | ID.CNG   | individuální doprava, osobní vozidla jezdící na CNG   |
| 7     | ID.SN    | individuální doprava, osobní vozidla jezdící na směsnou naftu                               |
| 8     | AD.B     | veřejná doprava, osobní benzínová vozidla   |
| 9     | AD.N     | veřejná doprava, osobní naftová vozidla   |
| 10    | AD.LPG   | veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na LPG  |
| 11    | AD.CNG   | veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na CNG  |
| 12    | AD.SN    | veřejná doprava, osobní vozidla jezdící na směsnou naftu                                    |
| 13    | ND.B     | benzínová nákladní vozidla (benzínové dodávky)  |
| 14    | ND.LDV   | naftová nákladní vozidla do 3,5 t   |
| 15    | ND.HDV   | naftová nákladní vozidla nad 3,5 t  |
| 16    | ND.LPG   | nákladní vozidla jezdící na LPG   |
| 17    | ND.CNG   | nákladní vozidla jezdící na CNG   |
| 18    | ND.SN    | nákladní vozidla jezdící na směsnou naftu   |
| 19    | ŽD.N     | železniční vozidla jezdící na naftu   |
| 20    | ŽD.SN    | železniční vozidla jezdící na bionaftu  |
| 21    | VD.N     | plavidla s naftovými motory   |
| 22    | LD.LB    | letadla spalující letecký benzín  |
| 23    | LD.LP    | letadla spalující letecký petrolej  |

Z 23 kategorií uvedených v tabulce 1 jsou vyčleněny kategorie ovlivněné rozdílnými kilometrickými proběhy, tzv. kategorie *kp* (tabulka 2). Jedná se o tyto kategorie:

Tabulka 2 Kategorie *kp* s rozdílnými kilometrickými proběhy:

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

Pro každou z kategorií *kp* je vypočítána spotřeba paliva *i* (benzín u kategorií 1-3 a nafta u kategorií 15-16) a následně emise, postupem uvedeným v kapitole 3. Kilometrické proběhy musí být však nastaveny tak, aby součet spotřeb kategorií *kp* 1-3 byl shodný se spotřebou benzínu individuální dopravy, která se vypočítá z celkové spotřeby benzínu. Obdobně součet spotřeb kategorií *kp* 15-16 musí být shodný se spotřebou nafty silniční nákladní dopravy, která se vypočítá z celkové spotřeby nafty a přepravních výkonů silniční nákladní dopravy.

## Vstupní data

Tabulka 3 Přehled vstupních dat pro metodiku výpočtů emisí z dopravy

| Typ dat  | Zdroj dat   |
|--|---|
| Prodej pohonných hmot                          | Česká asociace petrolejářského průmyslu a obchodu (ČAPPO)                   |
| Spotřeba nafty v zemědělství                   | Výzkumný ústav zemědělské techniky (VÚZT)                                   |
| Spotřeba bionafty                              | Sdružení výrobců bionafty   |
| Přepravní výkony                               | Centrum dopravního výzkumu (CDV)  |
| Počty silničních vozidel                       | Ministerstvo vnitra ČR (MV) – Registr vozidel                               |
| Intenzity dopravy na silniční síti ČR          | Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD) – celostátní sčítání dopravy              |
| Počty přeletů ČR                               | Ministerstvo dopravy (MD) - Informační systém civilního letectví            |
| Průměrná spotřeba vozidel                      | Emission Inventory Guidebook  |
| Emisní faktory                                 | Centrum dopravního výzkumu (CDV)  |
| Fyzikální a chemické vlastnosti pohonných hmot | Výzkumný ústav palivo-energetického komplexu (VUPEK), Česká rafinářská a.s. |

Nejvýznamnější parametr je průměrný emisní faktor každé kategorie vozidel, který je stanoven statistickým zhodnocením databáze měřených hodnot emisních faktorů. V silniční dopravě je k dispozici rozsáhlý soubor naměřených emisí nových i starších vozidel v různých jízdních režimech, které jsou statisticky zpracovávány. K silniční dopravě patří celkem 18 kategorií z celkově sledovaných 23 (tabulka 1). V současné době databáze počítá 4 statistické parametry: aritmetický průměr, vážený průměr, pivotovou polosumu a medián. Pro emisní výpočty jsou většinou používány vážené průměry, přičemž váhy odpovídají počtu měření a také rozšíření tovární značky vozidla. Jsou-li k dispozici rozdělené emisní faktory podle režimu jízdy, vychází se z poměrů dálničního, silničního a městského režimu. Pro nedostatek dat emisních faktorů směsné nafty je přejímán poznatek, že směsná nafta produkuje 80 % emisí CO a VOC, 110 % emisí NO<sub>x</sub> a 40 % emisí PM oproti klasické naftě.

V letecké dopravě se vychází ze zastoupení jednotlivých fází letu. Pro detailní zhodnocení je rozlišováno celkem 9 stavů provozu (Kalivoda et al., 1998): start, rozjezd, vzlet, stoupání, vlastní let v letové hladině *x*, sestup, přistání, dojezd a pozemní operace. Tyto provozní stavy jsou v praxi shrnuty do 2 základních režimů:

- režim LTO (vzlety a přistání)
- režim CRUISE (let v konstantní letové hladině *x*).

Emisní faktory jsou uváděny pro každý režim zvlášť. Pro dosažení do rovnice 5 se využívá vážený průměr, při respektování zastoupení délky jednotlivých režimů na celém letu. Z celkového počtu 30 značek bylo vybráno celkem 20. Toto vybrané spektrum odráží nejběžnější značky letounů, které mohou statisticky ovlivnit průměry. Emisní faktory používané v současné době pro vybrané znečišťující látky (vlastní databáze emisních faktorů sestavená s dostupných datových zdrojů) jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 4 Emisní faktory silniční dopravy

| Kategorie | CO <sub>2</sub>           | CO    | NO <sub>x</sub> | NM VOC | PM  | PAH                        |
|-----------|---------------------------|-------|-----------------|--------|-----|----------------------------|
|           | g.kg <sup>-1</sup> paliva |       |                 |        |     | μg.kg <sup>-1</sup> paliva |
| ID.B1     | 3183                      | 603,0 | 4,5             | 336,0  | -   | 131                        |
| ID.B2     | 3183                      | 210,9 | 28,7            | 35,4   | -   | 247                        |
| ID.B3     | 3164                      | 14,3  | 4,2             | 2,2    | -   | 191                        |
| ID.N      | 3308                      | 8,3   | 14,7            | 1,8    | 1,3 | 1406                       |
| ND.B      | 3183                      | 177,0 | 34,7            | 46,6   | -   | 378                        |
| ND.LDV    | 3304                      | 24,5  | 14,6            | 2,5    | 2,7 | 1601                       |
| ND.HDV    | 3138                      | 19,7  | 35,1            | 4,8    | 1,1 | 242                        |

## Postup výpočtů

Metodika je kombinací výpočtů ze spotřeby pohonných hmot (pro všechny kategorie) a výpočtů z ujetých vzdáleností (pro vybrané kategorie v tabulce 2, označené kp). Pro výpočty ze spotřeby se používá termín „top down“, tj. „shora“, pro výpočty z ujetých vzdáleností vozidel se používá termín „bottom up“, tj. „zdola“. Princip „bottom up“, je možno uplatnit pouze v silniční dopravě.

Prvním krokem je výpočet spotřeby paliva i (tj. benzín, nafta, LPG, CNG a směsná nafta) pro každou kategorii vozidel k. Od množství spotřebovaného paliva i se odečte spotřeba ostatních mobilních zdrojů (zemědělství, armáda, stavební stroje, domácnosti). Zbývající hmotnost paliva slouží pro výpočet spotřeby paliva i kategorií vozidel k za pomoci speciálních distribučních vztahů.

Stejný údaj – spotřeba paliva i kategorií k – se u kategorií kp počítá metodou „bottom up“, tj. z ročních kilometrických proběhů vozidel. Tento výpočet probíhá souběžně s výpočtem spotřeby popsané v předchozím odstavci. Pro výpočet této spotřeby se používá speciální model do kterého se dosazují hodnoty průměrného ročního kilometrického proběhu vozidla kategorie kp tak, aby poměr proběhů byl v souladu s poměrem těchto vozidel v provozu a také aby součet spotřeb kategorií kp vypočítaných z proběhů se shodoval se spotřebou vypočítanou metodou „top down“.

Vypočítané spotřeba paliva i kategorií vozidel k se následně vynásobí průměrným emisním faktorem polutantu p kategorie vozidel k, čímž získáme celkové emise polutantu p kategorie vozidel k. Tyto emise se finálně sečtou podle druhu dopravy: individuální automobilová, silniční veřejná osobní, silniční nákladní, autobusy MHD, železniční, vodní a letecká doprava.

## Závěr

Metodika je vhodná především pro stanovení emisí na celostátní a regionální úrovni. Pro lokální úroveň (tedy hodnocení emisí v okolí komunikací, zástavy, apod.) se využívá intenzita a dynamická skladba dopravy a emisní faktory v g.km<sup>-1</sup>, které jsou v databázi emisních faktorů CDV rovněž obsaženy.