

Metodika na kvantifikáciu spotreby palív a produkcie emisií v sektore dopravy a potenciálu ich úspor pre regionálne energetické plánovanie



Obsah

Úvod.....	3
Východiskové podklady.....	3
Matica vzdialeností.....	3
Výsledky zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2021 (SODB 2021).....	4
Kalendár pracovného fondu	4
Hlavná tabuľka (zlúčenie existujúcich tabuliek)	4
Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v individuálnej osobnej doprave.....	5
Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v mestskej logistike.....	8
Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v autobusovej doprave (okrem MHD).....	8
Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v mestskej hromadnej doprave (MHD)	12
Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v železničnej doprave	14
Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v cestnej nákladnej doprave.....	16
Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií vo vnútrozemskej vodnej doprave	18
Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v leteckej doprave	20
Celkový odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v doprave.....	21
Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií za kalendárny rok a odvodenie ďalších rokov.....	22
Individuálna osobná doprava.....	22
Mestská logistika	23
Autobusová doprava (okrem MHD).....	23
Mestská hromadná doprava (MHD).....	24
Železničná doprava.....	25
Cestná nákladná doprava.....	26
Vnútrozemská vodná doprava a letecká doprava	27
Potenciál úspory palív a energie s ohľadom na ideálne dopravné správanie a skladbu vozidlového parku.....	27
Individuálna automobilová doprava	27
Autobusová doprava, MHD a železničná doprava	27
Letecká doprava	28
Vodná vnútrozemská doprava	28

Úvod

Predkladaná metodika je určená budúcim regionálnym centráм udržateľnej energetiky s cieľom umožnenia kvantifikácie spotreby palív a energie štandardizovaným spôsobom. Okrem toho umožní odhad spotreby v sektore dopravy (individuálnej, verejnej aj nákladnej) a potenciálu úspor na regionálnej úrovni.

Východiskové podklady

S cieľom štandardizovanej kvantifikácie je nevyhnutné, aby mali regionálne centrá k dispozícii:

1. maticu vzdialeností medzi všetkými sídlami¹ na Slovensku v kilometroch platnú k 31. decembru predchádzajúceho kalendárneho roka:
 - a. cestných spojení na úrovni diaľnic, rýchlostných ciest, ciest I. triedy, ciest II. triedy a ciest III. triedy,
 - b. železničných spojení na úrovni aktívnych železničných tratí,
2. výsledky zo Sčítania obyvateľov domov a bytov z roku 2021 na úrovni:
 - a. odchádzky z východiskovej obce podľa smeru a módu dopravy a
 - b. počtu obyvateľov bývajúcich v obci a
3. kalendár pracovného fondu k príslušnému kalendárnemu roku.

Matica vzdialeností

Obec sa v prípade výpočtu matice vzdialeností považuje za bodový prvok v podobe centroidu zastavaného územia alebo populačného ťažiska zastavaného územia. Ak sa tento bod nachádza mimo cestnej alebo železničnej siete, priradí sa k najbližšej komunikácii prostredníctvom euklidovskej vzdialenosti. V prípade, ak sa pri železničnej doprave nachádza tento bod od najbližšej železničnej komunikácie vo vzdialenosti väčšej ako 1 500 m, obec sa považuje za obec bez železničného spojenia. Matica vzdialeností je tvorená tabuľkou s nasledujúcimi poľami:

1. kód základnej územnej jednotky (ZÚJ) východiskovej obce (*napr. 518158*),
2. kód ZÚJ cieľovej obce (*napr. 599824*),
3. nové pole, ktoré predstavuje zlúčenie reťazcov z prechádzajúcich polí (*napr. 518158599824*) a bude plniť funkciu unikátneho identifikátora relácie (ďalej „integračné pole“),
4. cestnú vzdialenosť v km (musí existovať pre každú dvojicu obcí),
5. železničnú vzdialenosť v km (existuje len pre obce, ktoré sa nachádzajú v pásme do 1 500 km od železničnej trate).

V prípade ak je východisková a cieľová zóna rovnaká, vzdialenosť sa vypočíta ako polovica polomeru kruhu s obsahom totožným s rozlohou zastavaného územia, prostredníctvom rovnice:

¹ Bratislava a Košice sa považujú za zhľuky obcí v podobe mestských častí

$$[1] \quad c_{jj} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad [\text{km}^2]$$

Príklad: Rozloha mestskej časti Bratislava-Staré Mesto je 9,59 km². Pre reláciu, ktorá začína a zároveň končí v mestskej časti Bratislava-Staré Mesto sa bude predpokladať vzdialenosť $0,5 \cdot 1,747609 = 0,873804$ km.

V prípade, ak daná relácia obsahuje aspoň jednu obec, ktorá podľa vyššie stanovenej definície nemá napojenie na železničnú dopravu, uvedie sa železničná vzdialenosť s hodnotou 0 km. Predpokladáme, že v takomto prípade železničná doprava nie je na účel tejto metodiky relevantná a cestujúci sa musí k železničnej stanici dopraviť iným dopravným prostriedkom, prípadne si zabezpečiť odvoz. Logistika ohľadom príchodu na stanicu vyvolá ďalšiu spotrebu pohonných hmôt. Na základe analýzy dát zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2021 ohľadom odchádzky, smeru odchádzky a použitého druhu dopravy evidujeme, že v prípade obcí vzdialenejších od železničnej stanice sa výskyt uvedenia tohto druhu dopravy značne redukoval oproti obciam, ktoré boli v priamom dotyku so železničnou traťou.

Výsledky zo Sčítania obyvateľov, domov a bytov 2021 (SODB 2021)

V prípade dát zo SODB 2021 sú relevantné nasledujúce polia:

1. kód ZÚJ obce súčasného pobytu upravený na štandardnú šesťznakovú formu,
2. identifikátor kraja obce súčasného pobytu,
3. kód ZÚJ obce dochádzky upravený na štandardnú šesťznakovú formu,
4. identifikátor kraja obce dochádzky,
5. spôsob dopravy,
6. počet obyvateľov odchádzajúcich do obce dochádzky,
7. nové pole, ktoré predstavuje zlúčenie reťazcov z prechádzajúcich polí týkajúcich sa obcí a bude plniť funkciu unikátneho identifikátora relácie (ďalej „integračné pole“).

Počet obyvateľov bývajúcich v obci bude pozostávať minimálne z polí:

1. kód ZÚJ a
2. celkový počet obyvateľov.

Kalendár pracovného fondu

Kalendár pracovného fondu obsahuje počet pracovných dní a počet dní pracovného pokoja v príslušnom kalendárnom roku.

Hlavná tabuľka (zlúčenie existujúcich tabuliek)

Na správne použitie metodiky je nevyhnutné zlúčiť výsledky SODB s maticou vzdialeností. Zlúčenie sa vykoná v príslušnom databázovom softvéri prostredníctvom *one-to-one* väzby nasledovne:

1. Pole zlúčenia bude integračné pole, ktoré bude totožné v oboch tabuľkách,
2. Prostredníctvom zlúčenia sa do tabuľky SODB doplnia nové dve polia z matice vzdialeností:
 - a. cestná vzdialenosť a
 - b. železničná vzdialenosť.
3. V novej, hlavnej tabuľke, sa doplní nové pole s názvom „denný cestný prepravný výkon“. Jeho výpočet bude súčin čísla 2 (aby sa bral do úvahy aj reverzný pohyb v priebehu dňa), cestnej vzdialenosti a počtu odchádzajúcich osôb.
4. V novej, hlavnej tabuľke, sa doplní nové pole s názvom „denný železničný prepravný výkon“. Jeho výpočet bude súčin čísla 2, železničnej vzdialenosti a počtu odchádzajúcich osôb (ak pôjde o reláciu, v rámci ktorej aspoň jedna obec neleží na železničnej trati, bude súčin 0).

Príklad: Prepravný výkon medzi obcami Moravský Svätý Ján (kód ZÚJ 504572) a Sekule (kód ZÚJ 556114) vypočítame nasledovne:

- *Integračné pole bude mať hodnotu 504572556114,*
- *Spôsob dopravy bude mať hodnotu „osobný automobil“,*
- *Počet odchádzajúcich bude mať hodnotu 28,*
- *Cestná vzdialenosť bude 1,2 km,*
- *Železničná vzdialenosť bude 1 km,*
- *Denný cestný prepravný výkon bude $2 \cdot 1,2 \cdot 28 = 67,2$ km.*
- *Denný železničný prepravný výkon bude $2 \cdot 1 \cdot 28 = 56$ km.*

Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v individuálnej osobnej doprave

Odhad sa vykoná nasledujúcim postupom:

1. Vo všetkých obciach v danom regióne sa v sledovanom období stanoví počet všetkých registrovaných osobných motorových vozidiel (kategórie M1 alebo N1)² v členení na osobné autá a motocykle a podľa typu paliva/energie³ a určí sa podiel registrácií z celkového počtu registrácií v danej obci.
2. Pre každú kategóriu vozidla a typ paliva/energie sa stanoví referenčná spotreba vozidiel v danej veľkostnej kategórii (priemerná spotreba 3 typických/najpredávanejších vozidiel v referenčnom roku, údaje od výrobcov) upravená korekčnými faktormi na základe medzinárodných výskumov o manipulácii údajov výrobcov o priemerných spotrebách vozidiel; a tiež údajov o priemernom veku vozidiel.

² § 4 zákona č. 106/2018 Z. z.

³ Evidencia vozidiel PPZ SR

3. Pre každú obec sa vykoná súčet denných cestných prepravných výkonov z hlavnej tabuľky pri filtri poľa „spôsob dopravy“ s hodnotou „osobný automobil“, čím sa získa za danú obec súhrnný denný cestný prepravný výkon pre osobné automobily. Na výpočet sa použije rovnica:

$$[2] \quad P_{i,a}(d) = \sum_{j=1}^n P_{ij,a}(d) \quad [\text{oskm}]$$

kde $P_{i,a}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon obce i pre osobné automobily, $P_{ij,a}(d)$ prepravný výkon medzi obcou i a obcou j pre osobné automobily a n počet obcí, s ktorými je medzi obcou i a j zaznamenaný nenulový počet odchádzajúcich osobnými automobilmi.

4. Údaj súhrnný denný cestný prepravný výkon sa alokuje podľa podielov jednotlivých kategórií osobných automobilov v obci tak, aby bol definovaný pre každú kategóriu osobných automobilov v danej obci. Súčet prepravného výkonu za každú kategóriu v obci musí zodpovedať súhrnnému dennému cestnému prepravnému výkonu danej obce.

$$[3] \quad P_{i,a}(d) = k_{i,a,1} \cdot P_{i,a,1}(d) + k_{i,a,2} \cdot P_{i,a,2}(d) + \dots + k_{i,a,m} \cdot P_{i,a,m}(d) \quad [\text{oskm}]$$

kde $P_{i,a}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon obce i pre osobné automobily, $P_{i,a,m}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon obce i pre osobné automobily kategórie m a $k_{i,a,m}$ predstavuje podiel registrácií kategórie m osobných automobilov v obci i . Zároveň musí platiť podmienka

$$[4] \quad \sum_{m=1}^q k_{i,a,m}(d) = 1$$

kde $k_{i,a,m}$ predstavuje podiel registrácií kategórie m osobných automobilov v obci i a q počet relevantných kategórií.

5. Denný cestný prepravný výkon pre každú kategóriu osobných automobilov v danej obci vynásobíme príslušnou priemernou spotrebou konkrétneho paliva alebo elektrickej energie v danej kategórii, čím získame odhad dennej spotreby paliva alebo elektrickej energie v príslušnej veličine. Na výpočet sa použije nasledovná rovnica:

$$[5] \quad C_{i,a,m}(d) = k_{i,a,m} \cdot P_{i,a,m}(d) \cdot c_m \quad [\text{l, Wh, kg}]$$

kde $C_{i,a,m}(d)$ predstavuje absolútnu dennú spotrebu pohonných hmôt pri osobných automobiloch v kategórii m v obci i , $k_{i,a,m}$ predstavuje podiel registrácií kategórie m osobných automobilov v obci

i , $P_{i,a,m}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon obce i pre osobné automobily kategórie m a c_m priemernú spotrebu vozidla kategórie m vyjadrenú v litroch na 1 km alebo vo wattoch na 1 km.

6. Ročná absolútna spotreba pohonných hmôt pri osobných automobiloch v kategórii m v obci i sa dosiahne súčtom súčinu dennej absolútnej spotreby s počtom pracovných dní a súčinu dennej absolútnej spotreby s počtom dní pracovného pokoja. Na základe existujúcich údajov sa predpokladá, že prepravný výkon počas dní pracovného pokoja tvorí $\frac{1}{4}$ prepravného výkonu počas pracovných dní. Od výpočtu modifikovanej úspory spôsobenej prázdninovým obdobím v lete sme upustili, keďže predpokladáme istú kompenzáciu predpokladanej zníženej spotreby spotrebou vyvolanou cestovaním v rámci dovolení.

$$[6] \quad C_{i,a,m} = D_w \cdot C_{i,a,m}(d) + \frac{D_h \cdot C_{i,a,m}(d)}{4} \quad [l, \text{ Wh, kg}]$$

kde $C_{i,a,m}$ je ročná absolútna spotreba pohonných hmôt pri osobných automobiloch v kategórii m v obci i , $C_{i,a,m}(d)$ je denná absolútna spotreba pohonných hmôt pri osobných automobiloch v kategórii m v obci i , D_w je počet pracovných dní v danom roku a D_h je počet dní pracovného pokoja v danom roku.

7. Jednoduchým súčtom všetkých ročných údajov za všetky kategórie osobných automobilov v obci i sa získa absolútna hodnota spotreby pohonných hmôt za danú obec:

$$[7] \quad C_{i,a} = \sum_{m=1}^q C_{i,a,m} \quad [l, \text{ Wh, kg}]$$

8. Absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pri osobných automobiloch za región alebo celé územie Slovenskej republiky sa vypočíta ako súčet absolútnej ročnej spotreby pohonných hmôt za množinu relevantných obcí pre každý druh paliva:

$$[8] \quad C_a = \sum_{i=1}^n C_{i,a} \quad [l, \text{ Wh, kg}]$$

9. Podobným spôsobom možno stanoviť podľa prevodných tabuliek aj energetickú hodnotu spotrebovaných palív a jednotlivé emisné zložky.

Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v mestskej logistike

Podobným spôsobom, ako v prípade odhadu spotreby v individuálnej automobilovej doprave, sa vykoná odhad aj v rámci spotreby v mestskej logistike:

1. Z údajov o technických a emisných kontrolách sa zistí, aký podiel z priemerného ročného najazdeného počtu kilometrov 3 typických/najpredávanejších vozidiel najpočetnejšej kategórie podľa bodu 2 z časti Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v individuálnej automobilovej doprave tvorí priemerný ročný najazdený počet kilometrov modelov dodávok Renault Master, Peugeot Boxer, Citroen Jumper a Fiat Ducato (prepokladá sa, že táto hodnota bude vyššia ako 1) v rámci typu vozidiel N1⁴. Túto hodnotu označíme ako „koeficient logistiky“.
2. Prepravný výkon najpočetnejšej kategórie osobných automobilov podľa predchádzajúceho bodu sa vynásobí koeficientom logistiky a táto hodnota sa označí ako denný prepravný výkon mestskej logistiky v danej obci.
3. Pokračuje sa výpočtom podľa bodov 5 až 9 z časti Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v individuálnej automobilovej doprave, pričom jedinou kategóriou v rámci tejto kapitoly sú vyššie uvedené modely dodávok.

Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v autobusovej doprave (okrem MHD)

Odhad sa vykoná nasledujúcim postupom:

1. Vo všetkých krajoch v danom regióne sa v sledovanom období stanoví počet všetkých registrovaných autobusov (kategória M2 alebo M3)⁵ v členení podľa dĺžky⁶ a podľa typu paliva⁷ a určí sa podiel registrácií z celkového počtu registrácií v danom kraji.
2. Pre každú kategóriu autobusu a typ paliva/energie sa stanoví referenčná spotreba autobusu v danej veľkostnej kategórii (priemerná spotreba najviac zastúpeného modelu autobusu) a zároveň sa od relevantných dopravcov v kraji zistí pre každú veľkostnú kategóriu maximálny zaznamenaný počet osôb prítomných vo vozidle v konkrétnom momente v rámci posledného roka očistený od mimoriadnych situácií (ďalej „maximálna obsadenosť“).

⁴ § 4 zákona č. 106/2018 Z. z.

⁵ § 4 zákona č. 106/2018 Z. z.

⁶ JISCD alebo evidencia-dopravcov.eu

⁷ Evidencia vozidiel PPZ SR

*Príklad: Dopravca prevádzkuje dve linky s označením 1 a 2, ktoré premávajú po nasledujúcich trasách: linka 1 – A, B, C, D, E a linka 2 – F, G, H. Na oboch linkách jazdia 10 m autobusy
Po zatvorení dverí autobusu, boli počty cestujúcich na jednotlivých linkách takéto.*

Linka 1, 16.6.2023, odchod zo zastávky A o 15:30

A = 15, B = 18, C = 20, D = 17, E = 0

17.6.2023, odchod zo zastávky A o 8:30

A = 20, B = 26, C = 30, D = 15 E = 0

17.6.2023 odchod zo zastávky A o 15:30

A = 14, B = 19, C = 27, D = 14, E = 0

Linka 2, 16.6.2023, odchod zo zastávky F o 16:00

F = 20, G = 35, H = 0

17.6.2023, odchod zo zastávky F o 16:00

F = 17, G = 30, H = 0

*Maximálny počet osôb prítomných vo vozidle v konkrétnom momente v rámci posledných dvoch dní (maximálna obsadenosť) v tomto príklade je maximum z množiny {15, 18, 20, 17, 0, 20, 26, 30, 15, 0, 14, 19, 27, 14, 0, 20, **35**, 0, 17, 30, 0}, teda = 35.*

Maximálna obsadenosť sa vyberá za všetky linky relevantných dopravcov za posledný rok.

3. Pre každú obec sa vykoná súčet denných cestných prepravných výkonov z hlavnej tabuľky pri filtri poľa „spôsob dopravy“ s hodnotou „autobus okrem mestskej hromadnej dopravy (MHD)“, čím sa získa za danú obec súhrnný denný cestný prepravný výkon pre autobusy. Na výpočet sa použije rovnica:

$$[9] \quad P_{i,b}(d) = \sum_{j=1}^n P_{ij,b}(d) \quad [\text{oskm}]$$

kde $P_{i,b}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon obce i pre autobusy, $P_{ij,b}(d)$ prepravný výkon medzi obcou i a obcou j pre autobusy a n počet obcí, s ktorými je medzi obcou i a j zaznamenaný nenulový počet odchádzajúcich ľudí autobusmi.

4. Obecné denné cestné prepravné výkony sa agregujú do krajských denných cestných prepravných výkonov takým spôsobom, že sa vytvoria súčty východiskových obcí s krajskou príslušnosťou k danému kraju.

Príklad: Krajský denný cestný prepravný výkon Nitrianskeho kraja sa vypočíta tak, že sa urobí súčet tých riadkov tabuľky, v ktorých obec súčasného pobytu má regionálnu príslušnosť

v Nitrianskom kraji, bez ohľadu na krajskú príslušnosť obce dochádzky. Každá cesta, ktorá vznikla v Nitrianskom kraji, bude súčasťou krajského denného cestného prepravného výkonu Nitrianskeho kraja.

5. Údaj krajský denný cestný prepravný výkon sa alokuje podľa podielov jednotlivých kategórií autobusov v kraji tak, aby bol definovaný pre každú kategóriu autobusu v danom kraji. Súčet prepravného výkonu za každú kategóriu v kraji musí zodpovedať súhrnnému dennému cestnému prepravnému výkonu daného kraja.

$$[10] \quad P_{i,b}(d) = k_{i,b,1} \cdot P_{i,b,1}(d) + k_{i,b,2} \cdot P_{i,b,2}(d) + \dots + k_{i,b,m} \cdot P_{i,b,m}(d) \quad [\text{oskm}]$$

kde $P_{i,b}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon kraja i pre autobusy, $P_{i,b,m}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon kraja i pre autobusy kategórie m a $k_{i,b,m}$ predstavuje podiel registrácií kategórie m autobusov v kraji i . Zároveň musí platiť podmienka

$$[11] \quad \sum_{m=1}^q k_{i,b,m}(d) = 1$$

kde $k_{i,b,m}$ predstavuje podiel registrácií kategórie m autobusov v kraji i a q počet relevantných kategórií.

6. Denný cestný prepravný výkon pre každú kategóriu autobusov v danom kraji vynásobíme príslušnou priemernou spotrebou v danej kategórii a vydáme hodnotou maximálnej obsadenosti pre každú kategóriu autobusov (tým sa zabezpečí presnejší objem kilometrov, keďže počet osobokilometrov nezodpovedá v autobusovej doprave počtu kilometrov), čím získame odhad dennej spotreby v príslušnej veličine. Na výpočet sa použije nasledovná rovnica:

$$C_{i,b,m}(d) = \frac{k_{i,b,m} \cdot P_{i,b,m}(d) \cdot c_m}{0,75 \cdot o_{i,b,m}} \quad [\text{l, Wh, kg}]$$

kde $C_{i,b,m}(d)$ predstavuje absolútnu dennú spotrebu pohonných hmôt pri autobusoch v kategórii m v kraji i , $k_{i,b,m}$ predstavuje podiel registrácií kategórie m autobusov v kraji i , $P_{i,b,m}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon kraja i pre autobusy kategórie m , c_m priemernú spotrebu autobusu kategórie m vyjadrenú v litroch na 1 km alebo vo wattoch na 1 km a $o_{i,b,m}$ predstavuje maximálnu obsadenosť autobusu v kraji i pre autobusy kategórie m . Poslednú hodnotu vynásobíme z dôvodu vierohodnejších výsledkov hodnotou 0,75.

7. Ročná absolútna spotreba pohonných hmôt pri autobusoch v kategórii m v kraji i sa dosiahne súčtom súčinu dennej absolútnej spotreby s počtom pracovných dní a súčinu dennej absolútnej

spotreby s počtom dní pracovného pokoja. Na základe existujúcich údajov sa predpokladá, že prepravný výkon počas dní pracovného pokoja tvorí ¼ prepravného výkonu počas pracovných dní.

$$[12] \quad C_{i,b,m} = D_w \cdot C_{i,b,m}(d) + \frac{D_h \cdot C_{i,b,m}(d)}{4} \quad [l, Wh, kg]$$

kde $C_{i,b,m}$ je ročná absolútna spotreba pohonných hmôt pri autobusoch v kategórii m v kraji i , $C_{i,b,m}(d)$ je denná absolútna spotreba pohonných hmôt pri autobusoch v kategórii m v kraji i , D_w je počet pracovných dní v danom roku a D_h je počet dní pracovného pokoja v danom roku.

8. Jednoduchým súčtom všetkých ročných údajov za všetky kategórie autobusov v kraji i sa získa absolútna hodnota spotreby pohonných hmôt za daný kraj:

$$[13] \quad C_{i,b} = \sum_{m=1}^q C_{i,b,m} \quad [l, W, kg]$$

9. Absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pri autobusoch za región alebo celé územie Slovenskej republiky sa vypočíta ako súčet absolútnej ročnej spotreby pohonných hmôt za množinu relevantných obcí:

$$[14] \quad C_b = \sum_{i=1}^n C_{i,b} \quad [l, W, kg]$$

10. Keďže rozdelenie kategórií autobusov na úrovni jednotlivých obcí podľa registrácií je irelevantný údaj na výpočet spotreby, ale zároveň môže existovať akýkoľvek dôvod alokovať spotrebu podľa kategórií autobusov v jednotlivých obciach, na tento účel sa použije váženie relevantných údajov (o spotrebe paliva a elektrickej energie, objeme emisií alebo prepravnom výkone podľa kategórií autobusov) podľa denného cestného prepravného výkonu.

Príklad: Existuje potreba alokovať spotrebu, pohonné hmoty alebo prepravný výkon konkrétnej kategórie autobusov pre obec X.

V prvom kroku sa zistí, aký celkový cestný prepravný výkon generuje obec X a aký je to podiel z celkového prepravného výkonu na území SR. Týmto podielom sa vynásobí spotreba paliva a elektrickej energie v danej kategórii autobusov za celú SR. Podobné sa uplatní pre emisie a prepravný výkon danej kategórie autobusov.

11. Podobným spôsobom možno stanoviť podľa prevodných tabuliek energetickú hodnotu spotrebovaných palív aj jednotlivé emisné zložky.

Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v mestskej hromadnej doprave (MHD)

Odhad sa vykoná nasledujúcim postupom:

1. Určia sa mestá, ktoré majú MHD zloženú z cestnej (autobusovej) a dráhovej (električkovej a trolejbusovej) dopravy a určia sa ich prevádzkovatelia:
 - a. Banská Bystrica – Dopravný podnik mesta Banská Bystrica, a. s.,
 - b. Banská Bystrica – Slovenská autobusová doprava Zvolen, a. s.,
 - c. Bratislava – Dopravný podnik Bratislava, a. s.,
 - d. Košice – Dopravný podnik mesta Košice, a. s.,
 - e. Prešov – Dopravný podnik mesta Prešov, a. s.,
 - f. Žilina – Dopravný podnik mesta Žiliny, s. r. o.
2. V každom z vyššie uvedených miest (ďalej „dráhové mestá“) sa zistia podiely jednotlivých druhov dopravy (v členení autobusová doprava, trolejbusová doprava a električková doprava – tzv. „trakcia“) podľa vozidlových kilometrov (súprava električiek poháňaná dvoma vozidlami je považovaná za dve vozidlá) ku koncu predchádzajúceho kalendárneho roka. Údaje poskytnie dopravca alebo objednávatel' (mesto).
3. Pre každú trakciu, kategóriu vozidla a typ paliva/energie sa stanoví referenčná spotreba vozidiel v danej veľkostnej kategórii (priemerná spotreba najviac zastúpeného modelu vozidla) a zároveň sa od vyššie uvedených dopravcov zistí pre každú veľkostnú kategóriu maximálny zaznamenaný počet osôb prítomných vo vozidle v konkrétnom momente v rámci posledného roka očistený od mimoriadnych situácií (ďalej „maximálna obsadenosť“).
4. Pre každú obec na Slovensku sa vykoná súčet denných cestných prepravných výkonov z hlavnej tabuľky pri filtri podľa „spôsob dopravy“ s hodnotou „MHD“, čím sa získa za danú obec súhrnný denný cestný prepravný výkon pre MHD. Na výpočet sa použije rovnica:

$$[15] \quad P_{i,mhd}(d) = \sum_{j=1}^n P_{ij,mhd}(d) \quad [\text{oskm}]$$

kde $P_{i,mhd}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon obce i pre MHD, $P_{ij,mhd}(d)$ prepravný výkon medzi obcou i a obcou j pre MHD a n počet obcí, s ktorými je medzi obcou i a j zaznamenaný nenulový počet odchádzajúcich MHD.

5. Údaj súhrnný denný cestný prepravný výkon sa alokuje podľa podielov jednotlivých kategórií vozidiel v obci tak, aby bol definovaný pre každú kategóriu v danej obci. Súčet prepravného výkonu

za každú kategóriu v obci musí zodpovedať súhrnnému dennému cestnému prepravnému výkonu danej obce.

$$P_{i,mhd}(d) = k_{i,mhd,1} \cdot P_{i,mhd,1}(d) + k_{i,mhd,2} \cdot P_{i,mhd,2}(d) + \dots + k_{i,mhd,m} \cdot P_{i,mhd,m}(d)$$

kde $P_{i,mhd}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon obce i pre MHD, $P_{i,mhd,m}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon obce i pre MHD trakciu/kategóriu m a $k_{i,mhd,m}$ predstavuje podiel dopravného výkonu (vozidlových kilometrov) kategórie m MHD v obci i . Zároveň musí platiť podmienka

$$[16] \quad \sum_{m=1}^q k_{i,mhd,m}(d) = 1$$

kde $k_{i,mhd,m}$ predstavuje podiel registrácií kategórie m vozidiel MHD v obci i a q počet relevantných kategórií.

6. Denný cestný prepravný výkon pre každú kategóriu/trakciu MHD v danej obci vynásobíme príslušnou priemernou spotrebou v danej kategórii a vydáme hodnotou maximálnej obsadenosti pre každú kategóriu vozidiel (tým sa zabezpečí presnejší objem kilometrov, keďže počet osobokilometrov nezodpovedá v MHD počtu kilometrov), čím získame odhad dennej spotreby v príslušnej veličine. Na výpočet sa použije nasledovná rovnica:

$$[17] \quad C_{i,mhd,m}(d) = \frac{k_{i,mhd,m} \cdot P_{i,mhd,m}(d) \cdot c_m}{0,75 \cdot o_{i,mhd,m}} \quad [l, Wh, kg]$$

kde $C_{i,mhd,m}(d)$ predstavuje absolútnu dennú spotrebu pohonných hmôt pri vozidlách MHD v kategórii m v obci i , $k_{i,mhd,m}$ predstavuje podiel dopravného výkonu kategórie m vozidiel MHD v obci i , $P_{i,mhd,m}(d)$ predstavuje súhrnný denný prepravný výkon obce i pre vozidlá MHD kategórie m , c_m priemernú spotrebu vozidla kategórie m vyjadrenú v litroch na 100 km alebo v kWh a $o_{i,mhd,m}$ predstavuje maximálnu obsadenosť vozidla v obci i pre vozidlá kategórie m . Poslednú hodnotu vynásobíme z dôvodu virohodnejších výsledkov hodnotou 0,75. .

7. Ročná absolútna spotreba pohonných hmôt pri vozidlách MHD v kategórii m v obci i sa dosiahne súčtom súčinu dennej absolútnej spotreby s počtom pracovných dní a súčinu dennej absolútnej spotreby s počtom dní pracovného pokoja. Na základe existujúcich údajov sa predpokladá, že prepravný výkon počas dní pracovného pokoja tvorí $\frac{1}{4}$ prepravného výkonu počas pracovných dní.

$$[18] \quad C_{i,mhd,m} = D_w \cdot C_{i,mhd,m}(d) + \frac{D_h \cdot C_{i,mhd,m}(d)}{4} \quad [l, Wh, kg]$$

kde $C_{i,mhd,m}$ je ročná absolútna spotreba pohonných hmôt pri vozidlách MHD v kategórii m v obci i , $C_{i,mhd,m}(d)$ je denná absolútna spotreba pohonných hmôt pri vozidlách MHD v kategórii m v obci i , D_w je počet pracovných dní v danom roku a D_h je počet dní pracovného pokoja v danom roku.

8. Jednoduchým súčtom všetkých ročných údajov za všetky kategórie/trakcie MHD v obci i sa získa absolútna hodnota spotreby pohonných hmôt za danú obec:

$$[19] \quad C_{i,mhd} = \sum_{m=1}^q C_{i,mhd,m} \quad [l, Wh, kg]$$

9. Absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pri vozidlách MHD za región alebo celé územie Slovenskej republiky sa vypočíta ako súčet absolútnej ročnej spotreby pohonných hmôt za množinu relevantných obcí:

$$[20] \quad C_{mhd} = \sum_{i=1}^n C_{i,mhd} \quad [l, Wh, kg]$$

10. Podobným spôsobom možno stanoviť podľa prevodných tabuliek energetickú hodnotu spotrebovaných palív aj jednotlivé emisné zložky.

Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v železničnej doprave

Odhad sa vykoná nasledujúcim postupom:

1. Celoplošne (za celé Slovensko) sa stanoví denný dopravný výkon⁸ osobných vlakov v členení podľa dĺžkových kategórií vlakov v zmysle radenia vozňov k poslednému plnohodnotne pracovnému dňu predchádzajúceho kalendárneho roka⁹ a nákladných vlakov podľa najčastejšej konfigurácie.
2. Následne sa alokuje celoslovenský prepravný výkon (v osobnej doprave v osobových kilometroch a v nákladnej doprave v tonových kilometroch) proporčne k jednotlivým kategóriám vlakov prostredníctvom rovníc:

$$[21] \quad P_{z,m} = k_{z,m} \cdot P_z \quad [oskm, tkm]$$

$$[22] \quad k_{z,m} = \frac{T_{z,m}(d)}{\sum_{m=1}^q T_{z,m}(d)}$$

kde $P_{z,m}$ predstavuje celkový prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v železničnej doprave vo vlakoch kategórie m , $T_{z,m}(d)$ prepravuje denný dopravný výkon (vo vlkm) v železničnej doprave

⁸ Vo vlakových kilometroch (vlkm).

⁹ Údaje poskytnú relevantní dopravcovia v železničnej osobnej doprave.

v kategórii m a $P_{\check{z}}$ prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v železničnej doprave¹⁰. Zároveň musí platiť podmienka,

$$[23] \quad P_{\check{z}} = k_{\check{z},1} \cdot P_{\check{z},1} + k_{\check{z},2} \cdot P_{\check{z},2} + \dots + k_{\check{z},m} \cdot P_{\check{z},m} \quad \begin{matrix} [\text{oskm}, \\ \text{tkm}] \end{matrix}$$

kde $P_{\check{z}}$ predstavuje celkový prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v železničnej doprave, $k_{\check{z},m}$ podiel dopravného výkonu v železničnej doprave v kategórii m z celkového dopravného výkonu a $P_{\check{z},m}$ celkový prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v železničnej doprave vo vlakoch kategórie m .

3. Ročná absolútna spotreba pohonných hmôt pri železničných vozidlách v kategórii m sa dosiahne prostredníctvom nasledujúcej rovnice:

$$[24] \quad C_{\check{z},m} = T_{\check{z},m} \cdot c_{\check{z},m} \quad [\text{l}, \text{Wh}, \text{kg}]$$

Kde $C_{\check{z},m}$ je absolútna hodnota ročnej spotreby železničných vozidiel v kategórii m , $T_{\check{z},m}$ predstavuje celkový dopravný výkon za celú Slovenskú republiku v železničnej doprave vo vlakoch kategórie m a $c_{\check{z},m}$ priemernú spotrebu v železničnej doprave v kategórii m .

4. Absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pri železničných vozidlách za celé Slovensko sa vypočíta ako súčet absolútnych ročných spotrieb železničných vozidiel za jednotlivé kategórie:

$$[25] \quad C_{\check{z}} = \sum_{m=1}^q C_{\check{z},m} \quad [\text{l}, \text{W}, \text{kg}]$$

5. Pri výpočte absolútnej ročnej spotreby pohonných hmôt pri železničných vozidlách za celé Slovensko sa môže spočítať spotreba za železničnú osobnú dopravu a železničnú nákladnú dopravu.
6. Alokácia spotreby do regiónov sa vypočíta súčtom ročnej spotreby pohonných hmôt za relevantné obce prostredníctvom nasledujúcej rovnice:

$$[26] \quad C_{i,\check{z}} = \frac{\check{Z}_i}{\sum_i^n \check{Z}_i} C_{\check{z}} \quad [\text{l}, \text{Wh}, \text{kg}]$$

Kde $C_{i,\check{z}}$ je absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pri železničných vozidlách pre obec i , $\check{Z}_i$ je denný železničný prepravný výkon z Hlavnej tabuľky a $C_{\check{z}}$ je celková absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pri železničných vozidlách. Uvedená rovnica sa vypočíta len pre obce, v ktorých platí

¹⁰ Údaje z Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií (napr. k roku 2022 tabuľka T 1-2 a T 1-5).

$$\dot{Z}_i \neq 0$$

Súčty absolútnej ročnej spotreby pohonných hmôt pri železničných vozidlách pre jednotlivé obce v rámci príslušného kraja alebo regiónu predstavujú absolútnu ročnú spotrebu pohonných hmôt pre železničné vozidlá v osobnej a nákladnej doprave.

7. Podobným spôsobom možno stanoviť podľa prevodných tabuliek energetickú hodnotu spotrebovaných palív aj jednotlivé emisné zložky.

Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v cestnej nákladnej doprave

Pri nákladnej doprave nie je známa evidencia jednotlivých jázd. Súhrnné ročné údaje o nákladnej doprave poskytuje Ročenka dopravy, pôšt a telekomunikácií.

Uplatní sa nasledujúci postup:

1. Vo všetkých krajoch sa v sledovanom období stanoví počet všetkých registrovaných nákladných motorových vozidiel (kategórie N2 alebo N3)¹¹ v členení podľa typu paliva/energie¹² a hmotnosti určí sa podiel registrácií z celkového počtu registrácií v danom kraji.
2. Pre každú kategóriu vozidla a typ paliva/energie sa stanoví referenčná spotreba vozidiel v danej veľkostnej kategórii (priemerná spotreba najviac zastúpeného modelu nákladného vozidla).
3. Pre každú obec sa vykoná odhad cestných prepravných výkonov v nákladnej doprave (v tonových kilometroch) na základe podielu celkového cestného prepravného výkonu danej obce v osobnej doprave z celkového cestného dopravného výkonu v osobnej doprave na Slovensku (v tonových kilometroch). Cestný prepravný výkon obce je funkciou veľkosti obce a jej dostupnosti, teda funkcie, ktorá by mala byť platná aj v nákladnej doprave. Na výpočet sa použije rovnica:

$$[27] \quad P_{i,cargo} = \frac{P_i(d)}{\sum_i^n P_i(d)} \cdot P_{cargo} \quad [tkm]$$

kde $P_{i,cargo}(d)$ predstavuje súhrnný prepravný výkon obce i pre nákladné automobily, $P_i(d)$ celkový denný cestný prepravný výkon medzi obcou i a obcou j bez ohľadu na spôsob dopravy¹³, n počet obcí na Slovensku a P_{cargo} prepravný výkon cestnej nákladnej dopravy (v tonových kilometroch) za celé Slovensko v predchádzajúcom kalendárnom roku¹⁴.

¹¹ § 4 zákona č. 106/2018 Z. z.

¹² Evidencia vozidiel PPZ SR

¹³ vrátane „peši“ a „nezistené“

¹⁴ Údaje z Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií (napr. k roku 2022 tabuľka T 1-2).

4. Obecné denné cestné prepravné výkony v cestnej nákladnej doprave sa agregujú do krajských cestných prepravných výkonov takým spôsobom, že sa vytvoria súčty východiskových obcí s krajskou príslušnosťou k danému kraju.
5. Údaj krajský cestný prepravný výkon sa alokuje podľa podielov jednotlivých kategórií v kraji tak, aby bol definovaný pre každú kategóriu nákladných vozidiel v danom kraji. Súčet prepravného výkonu za každú kategóriu nákladných vozidiel v kraji musí zodpovedať súhrnnému cestnému prepravnému výkonu daného kraja.

$$[28] \quad P_{i,cargo} = k_{i,cargo,1} \cdot P_{i,cargo,1} + k_{i,cargo,2} \cdot P_{i,cargo,2} + \dots + k_{i,cargo,m} \cdot P_{i,cargo,m} \quad [\text{tkm}]$$

kde $P_{i,cargo}$ predstavuje súhrnný prepravný výkon kraja i pre nákladné autá, $P_{i,cargo,m}$ predstavuje súhrnný prepravný výkon kraja i pre nákladné autá kategórie m a $k_{i,cargo,m}$ predstavuje podiel registrácií kategórie m nákladných áut v kraji i . Zároveň musí platiť podmienka

$$[29] \quad \sum_{m=1}^q k_{i,cargo,m} = 1$$

kde $k_{i,cargo,m}$ predstavuje podiel registrácií kategórie m nákladných áut v kraji i a q počet relevantných kategórií.

6. Denný cestný prepravný výkon pre každú kategóriu nákladných áut v danom kraji vynásobíme príslušnou priemernou spotrebou v danej kategórii, čím získame odhad spotreby v príslušnej veličine. Na výpočet sa použije nasledovná rovnica:

$$[30] \quad \begin{aligned} C_{i,cargo,m} \\ = k_{i,cargo,m} \cdot P_{i,cargo,m} \cdot c_{cargo,m} \end{aligned} \quad [\text{l, Wh, kg}]$$

kde $C_{i,cargo,m}$ predstavuje absolútnu dennú spotrebu pohonných hmôt pri nákladných automobiloch v kategórii m v kraji i , $k_{i,cargo,m}$ predstavuje podiel registrácií kategórie m nákladných automobilov v kraji i , $P_{i,cargo,m}$ predstavuje súhrnný prepravný výkon kraja i pre nákladné automobily kategórie m a $c_{cargo,m}$ priemernú spotrebu nákladného automobilu kategórie m vyjadrenú v litroch na 1 km alebo v W na 1 km.

7. Jednoduchým súčtom všetkých ročných údajov za všetky kategórie nákladných automobilov v kraji i sa získa absolútna hodnota spotreby pohonných hmôt za daný kraj:

$$[31] \quad \begin{aligned} C_{i,cargo} \\ = \sum_{m=1}^q C_{i,cargo,m} \end{aligned} \quad [\text{l, W, kg}]$$

8. Absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pri nákladných automobiloch za región alebo celé územie Slovenskej republiky sa vypočíta ako súčet absolútnej ročnej spotreby pohonných hmôt za množinu relevantných obcí:

$$[32] \quad C_{cargo} = \sum_{i=1}^n C_{i,cargo} \quad [l, W, kg]$$

9. Keďže rozdelenie kategórií nákladných automobilov na úrovni jednotlivých obcí podľa registrácií je irelevantný údaj na výpočet spotreby, ale zároveň môže existovať potreba alokovať spotrebu podľa kategórií nákladných automobilov v jednotlivých obciach, na tento účel sa použije váženie relevantných údajov (o spotrebe, pohonných hmotách alebo prepravnom výkone podľa kategórií nákladných automobilov) podľa denného cestného prepravného výkonu.
10. Podobným spôsobom možno stanoviť podľa prevodných tabuliek energetickú hodnotu spotrebovaných palív aj jednotlivé emisné zložky.

Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií vo vnútrozemskej vodnej doprave

Výpočet vo vnútrozemskej vodnej doprave sa vykoná nasledovne:

1. Celoplošne (za celé Slovensko) sa stanoví ročný prepravný výkon osobných plavidiel¹⁵ a nákladných plavidiel¹⁶. Zároveň sa určí počet plavidiel v jednotlivých kategóriách podľa typu, spotreby a veľkosti.
2. Pri osobných plavidlách sa výkon uvádza v osobových kilometroch (oskm), pri nákladných plavidlách v tonových kilometroch (tkm). Výpočet prebieha pre nákladnú dopravu a osobnú dopravu samostatne.
3. Následne sa alokuje prepravný výkon proporčne k jednotlivým kategóriám plavidiel prostredníctvom rovníc:

$$[33] \quad P_{l,m} = k_{l,m} \cdot P_l \quad [oskm, tkm]$$

$$[34] \quad k_{l,m} = \frac{A_{l,m}}{\sum_{m=1}^q A_{l,m}}$$

¹⁵ Napr. Ročenka dopravy, pôšt a telekomunikácií 2022 tabuľka T 1-5 ukazovateľ „vnútrozemská vodná doprava“

¹⁶ Napr. Ročenka dopravy, pôšt a telekomunikácií 2022 tabuľka T 1-2 ukazovateľ „vnútrozemská vodná doprava“

kde $P_{l,m}$ predstavuje celkový prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v osobnej alebo nákladnej vodnej doprave plavidlami kategórie m , $A_{l,m}$ predstavuje počet plavidiel v kategórii m a P_l prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v osobnej alebo nákladnej vodnej doprave. Zároveň musí platiť podmienka,

$$[35] \quad P_l = k_{l,1} \cdot P_{l,1} + k_{l,2} \cdot P_{l,2} + \dots + k_{l,m} \cdot P_{l,m} \quad \begin{matrix} [\text{oskm}, \\ \text{tkm}] \end{matrix}$$

kde P_l predstavuje celkový prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v osobnej alebo nákladnej vodnej doprave, $k_{l,m}$ podiel počtu plavidiel v osobnej alebo nákladnej doprave v kategórii m z celkového počtu plavidiel v osobnej alebo nákladnej doprave a $P_{l,m}$ prepravný výkon za celú Slovenskú republiku vo vodnej doprave plavidlami kategórie m .

4. Ročnú absolútnu spotrebu pohonných hmôt pri plavidlách v kategórii m sa dosiahne prostredníctvom nasledujúcej rovnice:

$$[36] \quad C_{l,m} = P_{l,m} \cdot c_{l,m} \quad [\text{l}, \text{Wh}, \text{kg}]$$

kde $C_{l,m}$ je absolútna hodnota ročnej spotreby plavidiel v osobnej alebo nákladnej vodnej doprave v kategórii m , $P_{l,m}$ predstavuje celkový prepravný výkon za celú Slovenskú republiku vo vodnej doprave plavidlami kategórie m a $c_{l,m}$ priemernú spotrebu vo vodnej doprave plavidlami kategórie m .

5. Absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pri plavidlách za celé Slovensko sa vypočíta ako súčet absolútnych ročných spotrieb plavidiel za jednotlivé kategórie:

$$[37] \quad C_l = \sum_{m=1}^q C_{l,m} \quad [\text{l}, \text{Wh}, \text{kg}]$$

6. Pri výpočte absolútnej ročnej spotreby pohonných hmôt pri plavidlách za celé Slovensko sa môže spočítať spotreba za vodnú osobnú dopravu a vodnú nákladnú dopravu.
7. Alokácia spotreby do regiónov sa vypočíta súčtom ročnej spotreby pohonných hmôt za relevantné obce prostredníctvom nasledujúcej rovnice:

$$[38] \quad C_{i,l} = \frac{P_i}{\sum_i^n P_i} C_l \quad [\text{l}, \text{Wh}, \text{kg}]$$

Kde $C_{i,l}$ je absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pri plavidlách pre obec i , P_i je počet obyvateľov obce i a C_l je celková absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pri plavidlách.

8. Súčty absolútnej ročnej spotreby pohonných hmôt pri plavidlách pre jednotlivé obce v rámci príslušného kraja alebo regiónu predstavujú absolútnu ročnú spotrebu pohonných hmôt pre plavidlá v osobnej a nákladnej doprave.
9. Podobným spôsobom možno stanoviť podľa prevodných tabuliek energetickú hodnotu spotrebovaných palív aj jednotlivé emisné zložky.

Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v leteckej doprave

V leteckej doprave máme k dispozícii len údaje o osobnej doprave.

Výpočet sa vykoná nasledujúco:

1. Celoplošne (za celé Slovensko) sa stanoví ročný prepravný výkon lietadiel¹⁷ a určí sa počet lietadiel v rámci jednotlivých typov¹⁸ podľa letného letového poriadku posledného kalendárneho roka.
2. Následne sa alokuje prepravný výkon proporčne k jednotlivým typom lietadiel prostredníctvom rovníc:

$$[39] \quad P_{aero,m} = k_{aero,m} \cdot P_{aero} \quad [oskm]$$

$$[40] \quad k_{aero,m} = \frac{A_{aero,m}}{\sum_{m=1}^q A_{aero,m}}$$

kde $P_{aero,m}$ predstavuje celkový prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v leteckej doprave lietadlami typu m , $A_{aero,m}$ predstavuje počet lietadiel typu m a P_{aero} prepravný výkon za celú Slovenskú republiku leteckej doprave. Zároveň musí platiť podmienka,

$$[41] \quad P_{aero} = k_{aero,1} \cdot P_{aero,1} + k_{aero,2} \cdot P_{aero,2} + \dots + k_{aero,m} \cdot P_{aero,m} \quad [oskm]$$

kde P_{aero} predstavuje celkový prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v leteckej doprave, $k_{aero,m}$ podiel počtu lietadiel typu m z celkového počtu lietadiel a $P_{aero,m}$ prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v leteckej doprave lietadlami typu m .

3. Ročnú absolútnu spotrebu pohonných hmôt lietadiel typu m sa dosiahne prostredníctvom nasledujúcej rovnice:

¹⁷ Napr. Ročenka dopravy, pôšt a telekomunikácií 2022 tabuľka T 1-5 ukazovateľ „letecká doprava“

¹⁸ Vzhľadom na obmedzenú prevádzku sa odporúča uvažovať iba podtypy rodiny lietadiel Boeing 737 (napr. 737-800 alebo MAX 8), Airbus A320 (napr. A319 alebo A321) a Embraer 195 určené na prepravu cestujúcich.

$$[42] \quad \begin{aligned} C_{aero,m} \\ = P_{aero,m} \cdot c_{aero,m} \end{aligned} \quad [l, Wh, kg]$$

kde $C_{aero,m}$ je absolútna hodnota ročnej spotreby lietadiel typu m , $P_{aero,m}$ predstavuje celkový prepravný výkon za celú Slovenskú republiku v leteckej doprave lietadlami typu m a $c_{aero,m}$ priemernú spotrebu lietadla typu m .

4. Absolútna ročná spotreba pohonných hmôt pre lietadla za celé Slovensko sa vypočíta ako súčet absolútnych ročných spotrieb lietadiel za jednotlivé typy:

$$[43] \quad C_{aero} = \sum_{m=1}^q C_{aero,m} \quad [l, Wh, kg]$$

5. Alokácia spotreby do regiónov sa vypočíta súčtom ročnej spotreby pohonných hmôt za relevantné obce prostredníctvom nasledujúcej rovnice:

$$[45] \quad C_{i,aero} = \frac{P_i}{\sum_i^n P_i} C_{aero} \quad [l, W]$$

Kde $C_{i,aero}$ je absolútna ročná spotreba pohonných hmôt lietadiel pre obec i , P_i je počet obyvateľov obce i a C_{aero} je celková absolútna ročná spotreba pohonných hmôt lietadiel.

6. Súčty absolútnej ročnej spotreby pohonných hmôt lietadiel pre jednotlivé obce v rámci príslušného kraja alebo regiónu predstavujú absolútnu ročnú spotrebu pohonných hmôt pre lietadlá v osobnej leteckej doprave. Podobným spôsobom možno stanoviť podľa prevodných tabuliek energetickú hodnotu spotrebovaných palív aj jednotlivé emisné zložky.

Celkový odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií v doprave

Odhad spotreby za celý sektor dopravy vo vybranom území i za kalendárny rok sa vykoná súčtom spotrieb všetkých druhov dopravy nasledujúco:

$$[46] \quad \begin{aligned} C_i = C_{i,a} + C_{i,b} + C_{i,mhd} + C_{i,\dot{z}} + C_{i,cargo} + C_{i,l} \\ + C_{i,aero} \end{aligned} \quad \begin{aligned} [l, \quad Wh, \\ kg] \end{aligned}$$

kde C_i je odhad celkovej spotreby na vybranom území i , $C_{i,a}$ odhad celkovej spotreby individuálnej automobilovej dopravy na území i , $C_{i,b}$ odhad celkovej spotreby autobusovej dopravy okrem MHD na území i , $C_{i,mhd}$ odhad celkovej spotreby mestskej hromadnej dopravy na území i , $C_{i,\dot{z}}$ odhad celkovej spotreby železničnej osobnej a nákladnej dopravy na území i , $C_{i,cargo}$ odhad celkovej spotreby cestnej nákladnej dopravy na území i , $C_{i,l}$ odhad celkovej spotreby vnútrozemskej vodnej

osobnej a nákladnej dopravy na území i a $C_{i,aero}$ odhad celkovej spotreby leteckej osobnej dopravy na území i .

7. Podobným spôsobom možno stanoviť podľa prevodných tabuliek spotrebovaných palív aj jednotlivé emisné zložky.

Odhad spotreby palív a energie a produkcie emisií za kalendárny rok a odvodenie ďalších rokov

Keďže niektoré dôležité vstupné údaje použité v tejto metodike sa zisťujú raz za dekádu v populačnom cenzu, je nevyhnutné odhadnúť trendy a tieto trendy použiť na projekciu ďalších rokov. V tejto kapitole bude uvedený postup.

Individuálna osobná doprava

Denný cestný prepravný výkon za každú obec v prípade spôsobu dopravy „osobný automobil“ $P_{i,a}(d)$ sa vynásobí koeficientom α (zaokrúhleným na 6 desatinných čísel), ktorý sa vypočíta pomocou nasledujúcej rovnice:

$$[47] \quad \alpha = \frac{P_a(t+1)}{P_a(t)} \quad [\text{oskm}]$$

kde $P_a(t)$ je počiatočný prepravný výkon za celú osobnú dopravu k roku¹⁹, v ktorom bol vykonaný populačný census a $P_a(t+1)$ je prepravný výkon za celú osobnú dopravu za posledný kalendárny rok²⁰.

Príklad: Denný cestný prepravný výkon obce X v roku 2021 v individuálnej osobnej doprave $P_{i,a}(d)$ (súčet prepravných výkonov všetkých relácií vykonaných individuálnou automobilovou dopravou, v ktorých je obec X zdrojovou obcou) je 1 243 oskm.

Počiatočný prepravný výkon za celú osobnú dopravu k roku 2021 (rok vykonania populačného cenzu) je uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2022 a má hodnotu 6 011 miliónov oskm.

Predpokladajme, že je rok 2024 a potrebujeme vypočítať spotrebu v individuálnej doprave za rok 2023.

Prepravný výkon v roku 2023 (uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2024) má hodnotu 6 091²¹ miliónov osobových kilometrov.

Hodnota $\alpha = 6091 / 6011 = 1,013309$.

Denný cestný prepravný výkon obce X v individuálnej osobnej doprave upravíme tak, že jeho východiskovú hodnotu v roku 2021 vynásobíme koeficientom α , teda:

¹⁹ Údaj za rok 2021 z Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií (napr. tabuľka T 1-5 ukazovateľ „výkony spolu“)

²⁰ Analogické údaje z najnovšej Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií

²¹ Ide o vymyslený údaj na účel ilustrácie

$$1243. \alpha = 1243 \cdot 1,013309 = 1\,259 \text{ oskm}$$

Tento postup zopakujeme pre všetky obce, pričom použijeme rovnaký koeficient α .

S takto upravenými vstupnými údajmi sa pokračuje podľa metodiky.

Mestská logistika

Pri odhade trendov a projekcie spotreby palív a energie a produkcie emisií v rámci mestskej logistiky sa postupuje analogicky ako v prípade individuálnej automobilovej dopravy.

Autobusová doprava (okrem MHD)

Denný cestný prepravný výkon za každú obec v prípade spôsobu dopravy „autobus (okrem MHD)“ $P_{i,b}(d)$ sa vynásobí koeficientom β (zaokrúhleným na 6 desatinných čísel), ktorý sa vypočíta pomocou nasledujúcej rovnice:

$$[48] \quad \beta = \frac{P_b(t+1)}{P_b(t)}$$

kde $P_b(t)$ je počiatočný prepravný výkon za cestnú verejnú dopravu k roku²², v ktorom bol vykonaný populačný census a $P_b(t+1)$ je prepravný výkon za cestnú verejnú dopravu za posledný kalendárny rok²³.

Príklad: Denný cestný prepravný výkon obce X v roku 2021 v autobusovej doprave okrem MHD $P_{i,b}(d)$ (súčet prepravných výkonov všetkých relácií vykonaných autobusovou dopravou okrem MHD, v ktorých je obec X zdrojovou obcou) je 4 381 oskm.

Počiatočný prepravný výkon za cestnú verejnú dopravu k roku 2021 (rok vykonania populačného censu) je uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2022 a má hodnotu 2 684 miliónov osobových kilometrov.

Predpokladajme, že je rok 2024 a potrebujeme vypočítať spotrebu v autobusovej doprave okrem MHD za rok 2023. Prepravný výkon v roku 2023 (uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2024) má hodnotu 2 599²⁴ miliónov osobových kilometrov.

$$\text{Hodnota } \beta = 2599 / 2684 = 0,968330$$

Denný cestný prepravný výkon obce X v autobusovej doprave okrem MHD upravíme tak, že jeho východiskovú hodnotu v roku 2021 vynásobíme koeficientom β , teda:

²² Údaj za rok 2021 z Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií (napr. tabuľka T 1-5 ukazovateľ „cestná verejná doprava“)

²³ Analogické údaje z najnovšej Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií

²⁴ Ide o vymyslený údaj na účel ilustrácie

$$4381. \beta = 4381 \cdot 0,968330 = 4242 \text{ oskm}$$

Tento postup zopakujeme pre všetky obce, pričom použijeme rovnaký koeficient β .

S takto upravenými vstupnými údajmi sa pokračuje podľa metodiky.

Mestská hromadná doprava (MHD)

Denný cestný prepravný výkon za každú obec v prípade spôsobu dopravy „MHD“ $P_{i,mhd}(d)$ sa vynásobí koeficientom γ (zaokrúhleným na 6 desatinných čísel), ktorý sa vypočíta pomocou nasledujúcej rovnice:

$$[49] \quad \gamma = \frac{P_{mhd}(t+1)}{P_{mhd}(t)}$$

kde $P_{mhd}(t)$ je počiatočný prepravný výkon za mestskú hromadnú dopravu k roku²⁵, v ktorom bol vykonaný populačný cenzus a $P_{mhd}(t+1)$ je prepravný výkon za mestskú hromadnú dopravu za posledný kalendárny rok²⁶.

Príklad: Denný cestný prepravný výkon obce X v roku 2021 v MHD $P_{i,mhd}(d)$ (súčet prepravných výkonov všetkých relácií vykonaných MHD, v ktorých je obec X zdrojovou obcou) je 15 434 oskm.

Počiatočný prepravný výkon za MHD k roku 2021 (rok vykonania populačného cenzu) je uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2022 a má hodnotu 931 miliónov osobových kilometrov.

Predpokladajme, že je rok 2024 a potrebujeme vypočítať spotrebu v MHD za rok 2023. Prepravný výkon v roku 2023 (uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2024) má hodnotu 969²⁷ miliónov osobových kilometrov.

$$\text{Hodnota } \gamma = 969 / 931 = 1,040816$$

Denný cestný prepravný výkon obce X v MHD upravíme tak, že východiskovú hodnotu vynásobíme koeficientom γ , teda:

$$15434. \gamma = 15434 \cdot 1,040816 = 16\,063 \text{ oskm}$$

Tento postup zopakujeme pre všetky obce, pričom použijeme rovnaký koeficient γ .

S takto upravenými vstupnými údajmi sa pokračuje podľa metodiky.

²⁵ Údaj za rok 2021 z Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií (napr. tabuľka T 1-5 ukazovateľ „mestská hromadná doprava“)

²⁶ Analogické údaje z najnovšej Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií

²⁷ Ide o vymyslený údaj na účel ilustrácie

Železničná doprava

Denný železničný prepravný výkon za relevantné obce $\check{Z}_i$ (v ktorých nemá hodnotu 0) sa vynásobí koeficientom δ (zaokrúhleným na 6 desatinných čísel), ktorý sa vypočíta samostatne pre osobnú a nákladnú dopravu pomocou nasledujúcej rovnice:

$$[50] \quad \delta = \frac{P_z(t+1)}{P_z(t)}$$

kde $P_z(t)$ je počiatočný prepravný výkon za železničnú dopravu²⁸, v ktorom bol vykonaný populačný census a $P_z(t+1)$ je prepravný výkon za železničnú dopravu za posledný kalendárny rok²⁹.

Príklad: Denný železničný prepravný výkon obce X $\check{Z}_i$ je 615 oskm.

Počiatočný prepravný výkon za osobnú dopravu k roku 2021 (rok vykonania populačného censu) je uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2022 a má hodnotu 2 052 miliónov osobových kilometrov.

Predpokladajme, že je rok 2024 a potrebujeme vypočítať spotrebu v železničnej osobnej doprave za rok 2023. Prepravný výkon v roku 2023 (uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2024) má pre osobnú dopravu hodnotu 2 048³⁰ miliónov osobových kilometrov.

Pre osobnú dopravu hodnota $\delta = 2048 / 2052 = 0,998050$

Denný železničný prepravný výkon obce X pre osobnú dopravu upravíme tak, že východiskovú hodnotu vynásobíme koeficientom δ , teda:

615. $\delta = 615 \cdot 0,998050 = 614$ oskm

Pre nákladnú dopravu postupujeme obdobne. Počiatočný prepravný výkon za nákladnú dopravu k roku 2021 (rok vykonania populačného censu) je uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2022 a má hodnotu 8 580 miliónov tonových kilometrov.

Predpokladajme, že je rok 2024 a potrebujeme vypočítať spotrebu v železničnej nákladnej doprave za rok 2023. Prepravný výkon v roku 2023 (uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2024) má pre nákladnú dopravu hodnotu 8 621³¹ miliónov tonových kilometrov.

Pre nákladnú dopravu hodnota $\delta = 8621 / 8580 = 1,004778$

²⁸ Údaj za rok 2021 z Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií (napr. tabuľka T 1-2 alebo T 1-5 ukazovateľ „železničná doprava“)

²⁹ Analogické údaje z najnovšej Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií

³⁰ Ide o vymyslený údaj na účel ilustrácie

³¹ Ide o vymyslený údaj na účel ilustrácie

Denný železničný prepravný výkon obce X pre nákladnú dopravu upravíme tak, že východiskovú hodnotu vynásobíme koeficientom δ , teda:

$$615 \cdot \delta = 615 \cdot 1,004778 = 618 \text{ oskm}$$

Tento postup zopakujeme pre všetky obce, pričom použijeme rovnaký koeficient δ .

S takto upravenými vstupnými údajmi sa pokračuje podľa metodiky.

Cestná nákladná doprava

Denný cestný prepravný výkon za každú obec (bez ohľadu na spôsob dopravy)“ $P_{i,cargo}(d)$ sa vynásobí koeficientom ε (zaokrúhleným na 6 desatinných čísel), ktorý sa vypočíta pomocou nasledujúcej rovnice:

$$[51] \quad \varepsilon = \frac{P_{cargo}(t+1)}{P_{cargo}(t)}$$

kde $P_{cargo}(t)$ je počiatočný prepravný výkon za cestnú dopravu tovarov k roku³², v ktorom bol vykonaný populačný census a $P_{cargo}(t+1)$ je prepravný výkon za cestnú dopravu tovarov za posledný kalendárny rok³³.

Príklad: Celkový denný cestný prepravný výkon obce X $P_i(d)$ v roku 2021 (súčet prepravných výkonov všetkých relácií, v ktorých je obec X zdrojovou obcou) je 26 759 oskm.

Počiatočný prepravný výkon v cestnej doprave tovarov k roku 2021 (rok vykonania populačného censu) je uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2022 a má hodnotu 30 138 miliónov tonových kilometrov.

Predpokladajme, že je rok 2024 a potrebujeme vypočítať spotrebu v cestnej nákladnej doprave za rok 2023. Prepravný výkon v roku 2023 (uvedený v Ročenke dopravy, pôšt a telekomunikácií 2024) má hodnotu 31 401³⁴ miliónov tonových kilometrov.

$$\text{Hodnota } \varepsilon = 31401 / 30138 = 1,041907$$

Denný cestný prepravný výkon obce X upravíme tak, že východiskovú hodnotu vynásobíme koeficientom ε , teda:

$$26759 \cdot \varepsilon = 26759 \cdot 1,041907 = 27\,880 \text{ oskm}$$

Tento postup zopakujeme pre všetky obce, pričom použijeme rovnaký koeficient ε .

³² Údaj za rok 2021 z Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií (napr. tabuľka T 1-2 ukazovateľ „cestná doprava tovarov“)

³³ Analogické údaje z najnovšej Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií

³⁴ Ide o vymyslený údaj na účel ilustrácie

S takto upravenými vstupnými údajmi sa pokračuje podľa metodiky.

Vnútrozemská vodná doprava a letecká doprava

Pri vnútrozemskej vodnej doprave a leteckej doprave sa pracuje s dátami z Ročenky dopravy, pôšt a telekomunikácií, ktoré sa aktualizujú každý rok. Údaj o počte obyvateľov sa pravidelne každý rok zverejňuje v prostredí DATAcube Štatistického úradu Slovenskej republiky³⁵. V rámci týchto dát sú relevantné tzv. koncové stavy (k 31.12.).

Potenciál úspory palív a energie s ohľadom na ideálne dopravné správanie a skladbu vozidlového parku

Úspory v spotrebe a v emisiách možno dosiahnuť dvoma spôsobmi:

1. Zmenou dopravného správania (prechodom k udržateľným druhom dopravy) a
2. Zmenou skladby dopravných prostriedkov v prospech tých, ktoré sa viac blížia k ekologickej neutralite.

Individuálna automobilová doprava

V rámci individuálnej dopravy existuje potenciál zmeny dopravného správania a zmeny skladby dopravných prostriedkov. V prípade zmeny dopravného správania možno zmenu rozdeliť na dva druhy:

1. Presun do ekologicky neutrálnych druhov dopravy (pešia a cyklistická) pre všetky relácie do 3 km a 50 % relácií do 6 km.
2. Presun do ekologickejších druhov dopravy (verejná osobná doprava) pre 50 % relácií od 3 km do 6 km a 33 % relácií nad 6 km.

Pri tomto návrhu sa vychádzalo z priemernej vzdialenosti jazdy do práce na bicykli v krajinách západnej Európy (EU15) a zo štandardného normálového rozdelenia dopravných módov na tretiny.

Výpočet sa dosiahne tým, že podľa postupu uvedeného vyššie sa upravia prepravné výkony ako vstup na výpočet emisií a spotreby palív a energie v individuálnej automobilovej doprave (odstránia sa – odpočítajú sa od pôvodných hodnôt).

Autobusová doprava, MHD a železničná doprava

Autobusovú dopravu nevnímame ako dopravný prostriedok, ktorý vyžaduje redukcii výkonov, hoci nie je tak ekologický ako železničná doprava. Ak by v ideálnych podmienkach na Slovensku došlo k optimalizácii výkonov v autobusovej a dráhovej doprave, skôr predpokladáme výmenu cestujúcich (v niektorých reláciách, ktoré sú dnes obsluhované autobusovou dopravou, by títo ľudia prešli do dráhovej a opačne).

³⁵ Prehľad stavu a pohybu obyvateľstva - obce [om7010rr]

Každopádne v súvislosti s potenciálom úspor v individuálnej doprave je potrebné počítať s nárastom prepravných výkonov:

1. V reláciách od 3 km do 6 km na úroveň 7/6 pôvodného stavu a
2. V reláciách od 6 km na úroveň 4/3 pôvodného stavu.

Pri železničnej doprave za pôvodný stav považujeme súčet prepravných výkonov v nákladnej a individuálnej doprave.

Pri železničnej doprave sa k prepravným výkonom vyššie pripočíta aj $\frac{1}{2}$ výkonov v leteckej doprave a všetky výkony v nákladnej vodnej vnútrozemskej doprave.

Výpočet sa dosiahne tým, že podľa postupu uvedeného vyššie sa upraví prepravné výkony ako vstup na výpočet emisií a spotreby palív a energie v rámci týchto druhov dopravy.

Letecká doprava

Pri leteckej doprave predpokladáme presun $\frac{1}{2}$ výkonov do železničnej dopravy.

Výpočet sa dosiahne tým, že podľa postupu uvedeného vyššie sa upraví prepravné výkony ako vstup na výpočet emisií a spotreby v rámci leteckej dopravy.

Vodná vnútrozemská doprava

Pri vodnej vnútrozemskej doprave sa výkony v nákladnej lodnej doprave presunú na železničnú dopravu.

Výpočet sa dosiahne tým, že podľa postupu vyššie upraví prepravné výkony ako vstup na výpočet emisií a spotreby palív a energie v rámci vodnej vnútrozemskej dopravy.