

Analytický model dopravnej prognózy (AMDY)

Dopravný model SR 2025

Netechnické zhrnutie

december 2025

Verzia po recenznom konaní

Autori

Materiál pod vedením Martina Haluša a Martina Kmeťka pripravili Daniel Buc a Rastislav Farkaš z Ministerstva financií SR a Lukáš Kováč z Ministerstva dopravy SR.

PodĎakovanie

Za cenné konzultácie a pomoc ďakujeme Oliverovi Solenskému (stážista ÚHP), pánom Jerome Ferry a Didier Revillon (obaja SETEC International), Simone Šulíkovej (World Bank), Petrovi Vanyovi, Petrovi Losovi, Stelle Košíkovej (MF SR), Romanovi Albertimu (NDS a.s.), Marekovi Drličiakovi (UNIZA) a ďalším.

Upozornenie

Materiál prezentuje názory autorov a Útvaru hodnoty za peniaze (ÚHP), ktoré nemusia nutne odzrkadľovať oficiálne názory Ministerstva financií Slovenskej republiky. Cieľom publikovania analýz ÚHP je podnecovať a zlepšovať odbornú a verejnú diskusiu na aktuálne ekonomické témy. Citácie textu by preto mali odkazovať na ÚHP (a nie Ministerstvo financií Slovenskej republiky) ako autora týchto názorov. Chyby a opomenutia zostávajú zodpovednosťou autorov.

OBSAH

Zhrnutie.....	5
1 Štruktúra modelu – čo modelu bije pod kapotou	6
1.1 Rozdelenie Slovenska v modeli.....	6
1.2 Kto model tvorí - demografické a socio-ekonomické charakteristiky	7
2 Quo vadis modelus – výpočtové kroky modelu	10
2.1 Generovanie ciest	10
2.2 Distribúcia ciest	10
2.3 Výber druhu dopravy	11
2.4 Pridelenie na sieť	11
2.5 Iteračný cyklus.....	11
3 Sme tu správne? Kalibrácia modelu.....	13
4 Plné vlaky, plné cesty? Prognózy osobnej a nákladnej dopravy	14
4.1 Prognóza osobnej dopravy.....	14
Bibliografia	18
Zoznam skratiek.....	19
Prílohy.....	20
Príloha 1: Objem dopravy na cestnej a železničnej sieti (2023)	20
Príloha 2: Analytický model dopravnej prognózy (AMDY) – Technické zhrnutie	20

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1: Použité podklady pre vstupné dáta popisujúce zóny modelu.....	7
Tabuľka 2: Úprava a filtrovanie osôb s reálnym pobytom v SR pomocou RFO a ZP pre rok 2022	8
Tabuľka 3: Dopytové vrstvy modelu.....	10
Tabuľka 4: Porovnanie priemernej dĺžky cesty podľa dopytových vrstiev	11

ZOZNAM GRAFOV

Graf 1: Prognóza automobilizácie	16
Graf 2: Očakávaný vývoj počtu ľudí s autom	16
Graf 3: Očakávaný rast nákladnej dopravy v porovnaní s HDP SR	17

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1: Analytický model dopravnej prognózy 2025 - zonácia.....	6
Obrázok 2: Analytický model dopravnej prognózy 2025 – cestné/železničné komunikácie v modeli	7
Obrázok 3: Vizualizácia výpočtových krokov a kalibrácie modelu	12
Obrázok 4: Vývoj osobnej dopravy na cestách SR	15
Obrázok 5: Vývoj verejnej hromadnej dopravy v SR.....	15
Obrázok 6: Objem dopravy na cestnej sieti SR (2023)	20
Obrázok 7: Objem cestujúcich na železničnej sieti SR (2023).....	20

ZOZNAM BOXOV

Box 1: Spracovanie demografických a socio-ekonomických dát.....	8
Box 2: Spracovanie dát o motorových vozidlách	8

Zhrnutie

Dopravné modelovanie simuluje dopyt po dopravnej infraštruktúre. Analytický model dopravnej prognózy 2025 (AMDY) zahŕňa model súčasného stavu aj prognózu osobnej a nákladnej dopravy do roku 2050. Pomocou matematických vzťahov sú simulované presuny cestujúcich z miesta na miesto. Výstupy sú vyjadrené ako počty vozidiel na cestách a počty cestujúcich vo verejnej hromadnej doprave, vrátane ich smerovania.

Do roku 2050 sa očakáva pokles osobnej dopravy na Slovensku o 6 % na cestách a 13 % na železniciach. Dôvodom je starnutie populácie, ktoré povedie k poklesu počtu obyvateľov o približne 4 % a zároveň zvýšeniu podielu ľudí v dôchodkovom veku, ktorí cestujú menej. Zvrátiť trend nepomôže ani rast počtu áut na 1 000 obyvateľov o 36 %, ktorý sa ale prejaví hlavne tým, že autá budú častejšie pribúdať v domácnosti s viacerými automobilmi alebo u dôchodcov.

Prognóza nákladnej dopravy predpokladá do roku 2050 nárast intenzít dopravy na cestách o 74 % a na železniciach o 45 % voči roku 2023. Rast nákladnej dopravy je založený na elasticite dopytu podľa predpokladaného rastu HDP Slovenska podľa dát Európskej komisie a na historickom vývoji nákladnej dopravy podľa Ročeniek dopravy, pôšt a telekomunikácií.

Výstupy modelu budú môcť byť použité ako podklady pre hodnotenia investičných projektov a štúdie uskutočniteľnosti, ako aj pomocný nástroj na vypracovanie harmonogramu a prioritizáciu investícií v doprave. Ministerstvo financií SR, v spolupráci s Ministerstvom dopravy SR a účastníkmi projektov, ako je napríklad Národná diaľničná spoločnosť, budú môcť model používať na odhad dopytu po dopravnej infraštruktúre na Slovensku a na generovanie vstupov do CBA analýz. Model bude možné využiť ako pomocný nástroj na identifikáciu prioritných investícií a správne nastavenie harmonogramu investícií do dopravy.

Simulácia dopravy je navrhnutá tak, aby zachytávala primárne dopravu medzi okresmi, krajmi či zahraničím. Neslúži na modelovanie lokálnej dopravy v rámci okresov či medzi menšími obcami. Zóny modelu opisujú územie na úrovni zoskupení obcí alebo okresov. Po kalibrácii, ktorá obsahuje dáta a sieť ciest a železníc pre rok 2023, boli vytvorené základné výstupy ako súčasný stav a prognóza pre roky 2030-2050. Dopravné toky sú modelované samostatne pre definované demografické skupiny a zohľadňujú preferencie cestovania osobným automobilom alebo cestu verejnou dopravou.

Analytický model dopravnej prognózy (AMDY) je principiálne zjednodušením a nástupcom Národného dopravného modelu z roku 2015. Ten bol postavený na neaktuálnych dátach a zároveň obsahoval detailné územné členenie a sieť komunikácií Slovenska, ktorých komplexnosť sťažovali kalibráciu modelu, a preto model nedosahoval dostatočnú presnosť. Súčasný model je kalibrovaný na dáta z roku 2023 z dôvodu využitia najaktuálnejšieho Celoštátneho sčítania dopravy 2022/2023. Základná štruktúra AMDY je aktualizáciou modelu z roku 2018, ktorý bol kalibrovaný na dátach z Celoštátneho sčítania dopravy 2015 a ktorý bol využitý pre štúdiu severo-južného prepojenia SR na Ministerstve dopravy SR.

1 Štruktúra modelu – čo modelu bije pod kapotou

Nasledovný dokument obsahuje netechnické zhrnutie vstupov, metód a základných výstupov Analytického modelu dopravnej prognózy 2025 (AMDY). Dokument nezahŕňa detailné zhrnutie spracovania dát, ani popis jednotlivých výpočtových krokov v softvéri PTV Vissum. Takisto nezahŕňa detailné metódy výpočtu prognóz obyvateľstva a dopravy. Všetky technické kroky a detailné popisy výpočtov sú zahrnuté v technickej správe, ktorá je prílohou tohto dokumentu.

Analytický model dopravnej prognózy 2025 vznikol postupne od roku 2020. Model bol vypracovaný na Útvare hodnoty za peniaze (ÚHP) v spolupráci s Inštitútom dopravnej politiky (IDP). Vykalibrovaná verzia na referenčný rok 2018 bola dokončená v júni 2024. Následne boli aktualizované vstupné údaje na rok 2023 a upravené výpočtové kroky. Súčasná verzia modelu bola finálne kalibrovaná v apríli 2025. Ďalší vývoj modelu bude zahŕňať scenáre vývoja dopravy na Slovensku, ako aj podrobnejšie výpočty prognóz nákladnej dopravy, založené na objeme prepravených a produkovaných komodít na Slovensku a v zahraničí.

1.1 Rozdelenie Slovenska v modeli

Záujmové územie je v modeli rozdelené na 236 zón – základných jednotiek modelu. Každá zóna je definovaná demografickými a socio-ekonomickými údajmi, ktoré slúžia na definovanie parametrov, ktoré opisujú počet začínajúcich (produktivita) a končiacich (atraktivita) ciest v danej zóne. Model obsahuje dokopy 202 funkčných a 34 doplnkových zón. Funkčné zóny sú ďalej rozdelené na 123 vnútroštátnych a 79 zahraničných zón. Zóny v rámci SR sú založené na okresoch, alebo sú vytvorené zo skupiny obcí tak, aby zachytávali výraznejšie vplyvy na medzi-zonálne dopravné toky v rámci okresov aj medzi nimi. Rozdelenie okresov na viac zón sa vo väčšine prípadov týka:

- okresov, ktoré obsahujú dve alebo viac miest s populáciou väčšou ako 5 000 obyvateľov (napr. okres Prievidza),
- okresov, ktoré obsahujú významnú priemyselnú oblasť (napr. okres Levice),
- zón, ktorých celková plocha je výrazne vyššia od ostatných (napr. okres Brezno).

Doplnkové zóny majú za úlohu definovať toky nákladnej dopravy z/do zahraničia ako aj špecifické počiatočné/koncové body nákladných vlakov (napr. Plaveč).

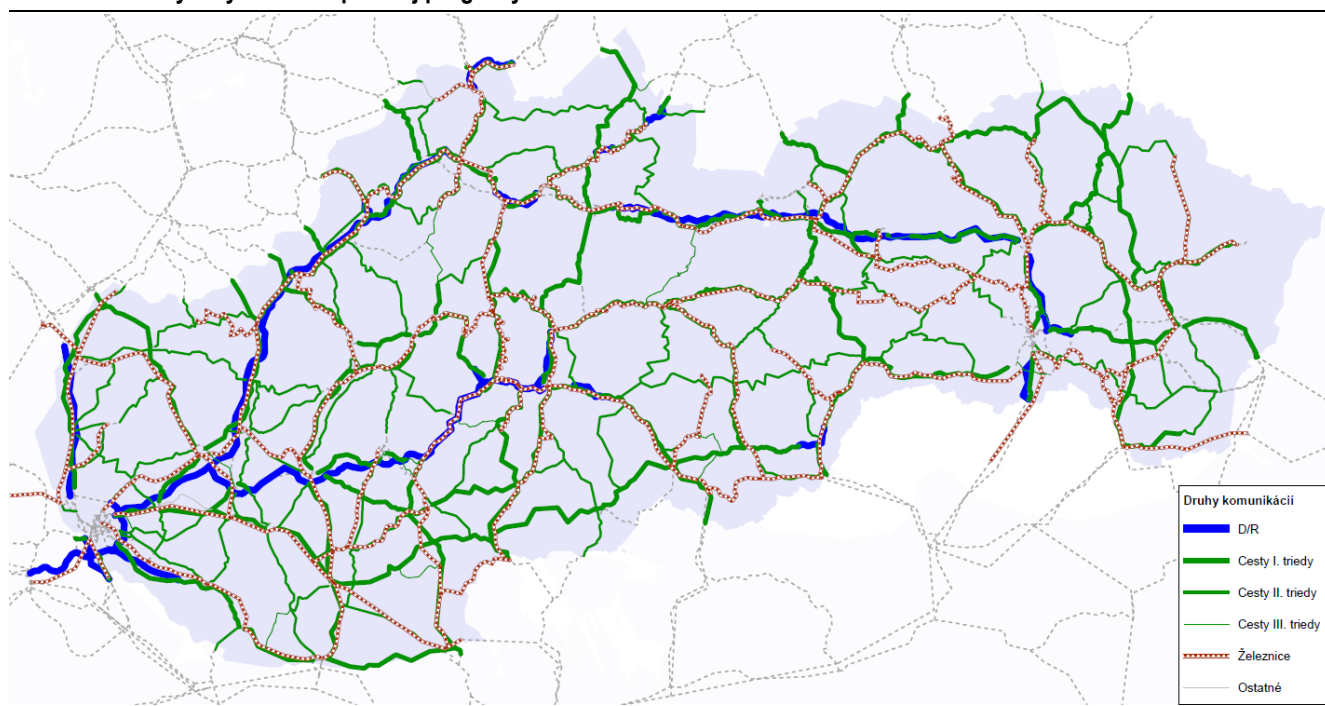
Obrázok 1: Analytický model dopravnej prognózy 2025 - zonácia



Zdroj: ÚHP

Model využíva sieť cestných a železničných komunikácií dostupných v roku 2023. Ide o všetky komunikácie typu železnica, diaľnica/rýchlostná cesta, cesty prvej triedy, cesty druhej triedy s výraznejšími dopravnými tokmi (viac ako ~1 000 áut za deň podľa údajov z Celoštátneho sčítania dopravy) a vo výnimočných situáciách aj niekoľko ciest tretej triedy, ktoré sa vyznačovali vyššou dôležitosťou pre daný región.

Obrázok 2: Analytický model dopravnej prognózy 2025 – cestné/železničné komunikácie v modeli



Zdroj: ÚHP

1.2 Kto model tvorí - demografické a socio-ekonomické charakteristiky

Obyvatelia SR boli v modeli rozdelení podľa ekonomickej aktivity a využívania osobného automobilu. Údaje o demografii a socio-ekonomických charakteristikách Slovenska boli použité na opísanie toho, koľko ciest je zóna v modeli schopná vytvoriť a prijať a tým tvoriť dopravné toky. Pre tento cieľ sa použili dáta z 13 rôznych databáz a administratívnych registrov SR (Tabuľka 1).

Tabuľka 1: Použité podklady pre vstupné dáta popisujúce zóny modelu

Názov	Účel dát	Popis
Register fyzických osôb (RFO)	Produktivita zón	Občania SR a zahraniční občania žijúci v SR (mimo občanov EU)
Register zdravotne poistených (ZP)	Produktivita zón	Zdravotne poistené osoby v SR (vrátane zahraničných obyvateľov pracujúcich/žijúcich v SR)
Zamestnanci - sociálne poistenie (SP)	Produktivita zón	Pracujúci občania v SR, vrátane rodičovských dovolení
Register vysokoškolských študentov	Produktivita zón	Zoznam študentov vysokých škôl v SR
Register žiakov	Produktivita zón	Zoznam žiakov základných a stredných škôl v SR
Register motorových vozidiel	Produktivita zón	Motorové vozidlá registrované v SR
Register organizácií (RO)	Atraktivita zón	Firmy a neziskové organizácie registrované v SR
Register vysokých škôl	Atraktivita zón	Zoznam vysokých škôl a univerzít registrovaných v SR
Register škôl	Atraktivita zón	Zoznam materských, základných a stredných škôl registrovaných v SR
Zamestnanci - zdravotné poistenie	Doplňkové údaje	Zoznam zamestnaných osôb podľa zdravotnej poisťovne spolu s mesačným platom
Register zamestnancov	Doplňkové údaje	Zoznam osôb zamestnaných v SR
Register nezamestnaných	Doplňkové údaje	Nezamestnané osoby registrované v SR
Register dôchodcov	Doplňkové údaje	Zoznam občanov poberaúcich starobný a invalidný dôchodok v SR

Zdroj: Dáta štátnych registrov, spracované ÚHP

Vstupné dáta museli byť pre potreby modelu spracované pre využitie na definíciu vlastností zón, čo je bližšie definované v Box 1:

Box 1: Spracovanie demografických a socio-ekonomických dát

Cieľom spracovania dát opisujúcich demografiu a socio-ekonomické vlastnosti Slovenska je určiť správny počet ľudí podieľajúcich sa na tvorbe dopravných tokov v krajine. Najkompletnejšou databázou o obyvateľstve Slovenska je Register fyzických osôb (RFO), ktorý slúžil ako základ dát opisujúcich demografiu SR. RFO sa aktualizuje v septembri, t. j. kompletne údaje pre rok 2022 sú publikované v septembri 2023. Preto bolo potrebné odstrániť všetky údaje pridané v roku 2023 (narodenia/úmrty, či zmeny pobytu). Pri tejto prvotnej úprave dát bolo následne potrebné odstrániť ľudí s dátumom úmrtia alebo trvalým/prechodným pobytom mimo SR. Spojením registra fyzických osôb a údajov o zdravotnom poistení obyvateľov bolo možné určiť tých obyvateľov, ktorí žijú a/alebo pracujú/študujú na území SR. Pomocou údajov zo sociálnej poisťovne a registra organizácií bolo následne možné presnejšie definovať socio-ekonomické zloženie obyvateľov SR, t. j. určiť, či sú ekonomicky aktívni alebo neaktívni. Na záver boli pomocou registra žiakov základných a stredných škôl a registra študentov vysokých škôl definovaní žiaci a študenti v SR. Spájanie týchto dát bolo uskutočnené na základe anonymizovaných rodných čísel, popri prípade IČO. Po kompletnom spracovaní dát o demografii SR sa z 6 157 452 osôb evidovaných v registri fyzických osôb znížil počet obyvateľov podieľajúcich sa na tvorbe dopravy v SR na 5 190 737 (Tabuľka 2). Tí tvoria tzv. produktivity zón, ktoré definujú, koľko ciest je daná zóna schopná vyprodukovať (origin). RFO zároveň obsahuje údaje o trvalom a/alebo prechodnom pobyte obyvateľov a teda slúžil nielen na opísanie demografie SR, ale aj na určenie pobytu obyvateľov.

Tabuľka 2: Úprava a filtrovanie osôb s reálnym pobytom v SR pomocou RFO a ZP pre rok 2022

Údaj	Počet osôb
Register fyzických osôb	6 157 452
Z toho mŕtvi/bez dátumu narodenia	- 102 135
Z toho ľudia narodení v roku 2023	- 38 773
Z toho ľudia bez údajov o pobyte	- 293 456
Z toho občania SR bez pobytu v SR	- 15 559
Z toho občania SR bez zdravotného poistenia	- 412 659
Z toho cudzinci bez zdravotného poistenia	- 166 564
Z toho obyvatelia SR bez ZP v prihraničných okresoch	+ 43 488
Z toho obyvatelia bez údaju v RFO ale s údajom v ZP	+ 18 943
Celkový počet ľudí tvoriacich dopravu v SR	5 190 737

Zdroj: ÚHP

Pre opísanie odlišného dopravného správania obyvateľov bolo potrebné taktiež určiť, či obyvatelia SR sú užívateľmi osobných motorových vozidiel. Toto rozdelenie pomáha lepšie definovať dopravné správanie obyvateľov Slovenska. Dáta z Prieskumu mobility ukazujú, že ľudia cestujú rozdielne podľa toho, či majú k dispozícii osobné auto – líšia sa v počte a dĺžke ciest, ako aj vo výbere dopravného prostriedku za daným účelom cesty.

Box 2: Spracovanie dát o motorových vozidlách

Dáta o držiteľoch a vlastníkoch osobných áut sú využité na detailnejšie opísanie dopravného správania ľudí a na definovanie ich hybnosti. Pre účely AMDY boli z Registra motorových vozidiel vybrané iba osobné vozidlá (kategória M1). Vylúčili sa vozidlá registrované pred rokom 1970, aby sa vyčistili údaje o reálne nevyužívaných vozidlách. Databáza motorových vozidiel obsahuje údaje o vozidlách vlastnených fyzickými aj právnickými osobami. Dataset bol preto rozdelený na dve časti. Vozidlá registrované na fyzické osoby boli pridelené ich užívateľom na základe anonymizovaného rodného čísla a následne spracované podobne ako údaje o demografii v Boxe 1. Vozidlá patriace právnickým osobám boli priradené konkrétnym právnickým subjektom a spoločnostiam.

Vstupné dáta bolo potrebné kvôli registrovaným pobytom obyvateľov zosúladiť so [Sčítaním obyvateľov 2021 \(SODB\)](#). Register fyzických osôb vychádza z evidencie trvalého a prechodného pobytu obyvateľstva, zatiaľ čo SODB vychádza z deklarovaného miesta pobytu. Pri porovnaní týchto údajov boli identifikované okresy s výraznými rozdielmi v počtoch obyvateľov. Tieto rozdiely vznikali najmä kvôli neúplnosti, resp. neaktuálnosti údajov o pobytoch v RFO. Na zníženie týchto rozdielov sa v rámci modelových zón vykonali presuny obyvateľov medzi okresmi, pričom celkový počet obyvateľov

zostal nezmenený. Po spracovaní a úpravách vstupných údajov bol určený celkový počet 5 190 737 obyvateľov SR, ktorí aktívne tvoria dopravu na území Slovenska.

Údaje boli po spracovaní agregované podľa kódu obce do zón dopravného modelu. Podobne boli na základe Identifikačného čísla organizácie (IČO) a identifikačného kódu školy (EUID) určené dostupné pracovné miesta a študijné kapacity škôl a univerzít. Pracovné miesta veľkých organizácií, obchodných reťazcov, bánk a pod. boli rozdelené medzi zóny podľa počtu obyvateľov. Týmto údajmi bolo možné vyjadriť potenciál príťažlivosti (atraktivitu) pracovných ciest a ciest za dochádzkou do školy daných zón. Agregované údaje tvorili atraktivitu zón, ktoré určujú, koľko ciest je daná zóna schopná prijať (destination).

2 Quo vadis modelus – výpočtové kroky modelu

AMDY je založený na princípe tzv. “4-stupňového” modelovania. Jednotlivé stupne sú:

- **generovanie ciest** - koľko ciest začína a končí v danej zóne podľa účelu (práca, servis, diaľková a zahraničná cesta a cesta do/zo školy) a typu cestujúceho (ekonomicky aktívny/neaktívny a s/bez auta, či študent), ktorý danú cestu vytvára,
- **distribúcie ciest** – koľko ciest je tvorených medzi konkrétnymi zónami. Tento krok vychádza z distribučnej funkcie, ktorá popisuje, aké % ľudí určitej demografickej skupiny (napr. ekonomicky aktívny s autom) ako ďaleko zvyčajne cestuje za daným účelom (napr. do práce). Výstupom je tabuľka, OD-matica (origin-destination), ktorá zobrazuje počet ciest medzi konkrétnymi zónami, teda počet ciest vykonaných z miesta pôvodu do cieľovej zóny,
- **výber druhu dopravy (deľba prepravnej práce)** - aký druh dopravy si cestujúci zvolí pre vykonanie danej cesty (auto s/bez diaľničnej známky, verejná doprava),
- **pridelenie na sieť** - špecifický výber trasy modelom tak, aby bol čas/odpor vykonanej cesty minimalizovaný.

2.1 Generovanie ciest

Generovanie ciest, ktoré určuje zdroje a ciele ciest podľa vlastností modelových zón. V tomto kroku sa demografické a socio-ekonomické údaje o zónach používajú ako premenné rovníc vytvárania a priťahovania ciest. Vygenerované cesty sa delia podľa toho, kto ich vykonáva a za akým účelom je daná cesta generovaná. Kombinácia účelov ciest a typu cestujúceho tvorí tzv. dopytové vrstvy. Výsledkom kombinácie typu cestujúceho podľa ekonomickej aktivity, využitia osobného vozidla a toho, za akým účelom je cesta vykonaná je 17 dopytových vrstiev, opísaných v Tabuľke 3. Delenie na dopytové vrstvy umožňuje presnejšie opísať správanie modelovaných „cestujúcich“ a definovať ich hybnosť. Hybnosťou je myslený priemerný počet vykonaných ciest za deň vyplývajúci z analýzy údajov [Prieskumu mobility SR](#).

Tabuľka 3: Dopytové vrstvy modelu

Dopytová vrstva	Účel cesty	Typ cestujúceho	Užívateľ automobilu	Priemerná hybnosť (Počet ciest/deň)
Work_E_C	Pracovná cesta	Ekonomicky aktívny	Áno	0,86
Work_E_nC			Nie	0,67
Work_nE_C		Ekonomicky neaktívny	Áno	0,08
Work_nE_nC			Nie	0,02
Work_Stud	Cesta za službami	Študent vysokej školy		0,03
Service_E_C		Ekonomicky aktívny	Áno	1,32
Service_E_nC			Nie	0,58
Service_nE_C		Ekonomicky neaktívny	Áno	1,55
Service_nE_nC			Nie	0,57
Service_Stud	Diaľková cesta	Študent vysokej školy		0,45
Long_E_C		Ekonomicky aktívny	Áno	0,08
Long_E_nC			Nie	0,05
Long_nE_C		Ekonomicky neaktívny	Áno	0,06
Long_nE_nC			Nie	0,03
Long_Stud	Zahraničná doprava	Študent vysokej školy		0,08
Foreign		Zahraničný		0,19
School	Dochádzka do/zo školy	Študenti a žiaci ZŠ/ŠŠ		0,32

Zdroj: ÚHP

2.2 Distribúcia ciest

Distribúcia ciest určí, ako sa počet vykonaných ciest mení v závislosti od vzdialenosti medzi dvoma bodmi. Výstupom je matica, ktorá zobrazuje dopravné vzťahy medzi zónami, teda počet ciest medzi jednotlivými zónami v smere „z-do“. Matica vzniká pomocou distribučných funkcií určených z údajov Prieskumu mobility SR. Tie sa získavajú regresnou analýzou, ktorá hľadá vzťah medzi počtom ciest a ich vzdialenosťou. Cieľom je nájsť funkciu, ktorá čo najpresnejšie opisuje, ako sa počet ciest mení so vzdialenosťou medzi zónami. Tabuľka 4 porovnáva priemernú dĺžku ciest podľa modelu a Prieskumu mobility.

Tabuľka 4: Porovnanie priemernej dĺžky cesty podľa dopytových vrstiev

Dopytová vrstva	Priemerná dĺžka cesty - Model (km)	Priemerná dĺžka cesty - Prieskum mobility (km)
School	30,6	30,5
Work_E_C	36,0	34,8
Work_E_nC	49,3	48,1
Work_nE_C	32,8	31,6
Work_nE_nC	38,9	36,2
Work_Stud	41,9	40,5
Service_E_C	32,5	32,2
Service_E_nC	41,6	42,2
Service_nE_C	30,0	29,9
Service_nE_nC	44,2	43,7
Service_Stud	26,2	35,4
Long_E_C	172,2	177,4
Long_E_nC	174,2	191,4
Long_nE_C	187,3	190,2
Long_nE_nC	179,5	205,5
Long_Stud	188,0	197,7
Foreign	250,0	-

Zdroj: ÚHP

2.3 Výber druhu dopravy

Pre jednotlivé dopravné vzťahy je následne potrebné určiť, či cestujúci využije pre daný presun individuálnu alebo verejnú dopravu. Výber druhu dopravy je definovaný matematickými funkciami, ktoré opisujú pravdepodobnosť, s akou si človek danej dopytovej vrstvy vyberie cestu osobným autom alebo verejnou osobnou dopravou. Ich parametre vychádzajú z Prieskumu mobility a boli manuálne kalibrované tak, aby podiel cestujúcich v osobných automobiloch a vo verejnej doprave zodpovedal údajom z Prieskumu mobility aj kalibračným dátam.

2.4 Pridelenie na sieť

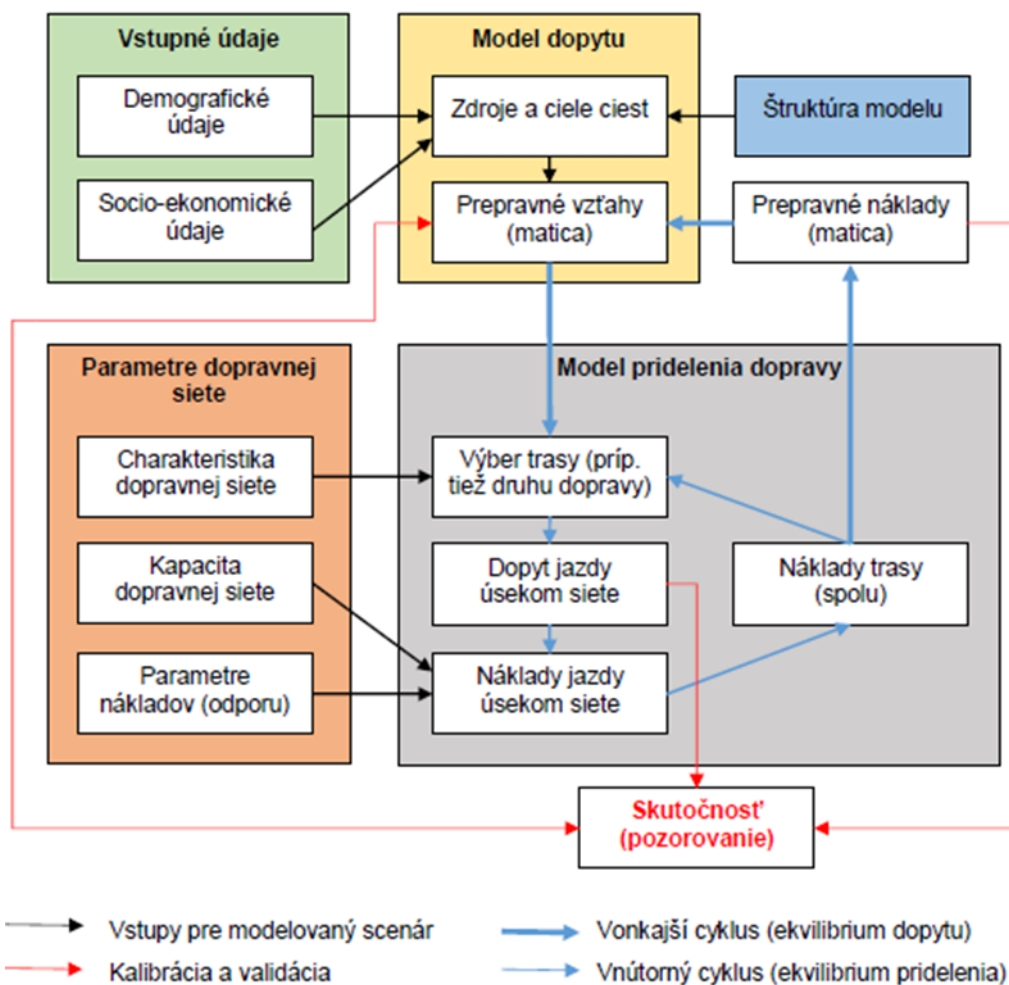
Model na záver určuje výber konkrétnej trasy, ktorou sa cestujúci optimálne dostane z počiatočného do koncového bodu. Do výberu trasy priamo vstupujú parametre dopravnej siete, ktoré sú špecifické pre konkrétnu cestu a typ cestujúceho. Každý úsek dopravnej siete (cesta/železnica) obsahuje informácie o dĺžke, maximálnej kapacite a povolenej rýchlosti na danom úseku. Tieto vlastnosti definujú tzv. náklad alebo odpor cesty, podľa ktorého model optimalizuje výslednú trasu. Cieľom je, aby sa pre konkrétnu dopytovú vrstvu a konkrétnu cestu medzi zónami vybrala trasa s čo najmenším odporom, podľa druhu dopravného prostriedku. Tento proces sa vykonáva pre každú cestu medzi dvoma konkrétnymi zónami, pričom zohľadňuje typ dopravy (individuálna, nákladná, verejná, atď.) a konkrétny úsek siete. Po pridelení dopravy na sieť všetky úseky dopravnej siete obsahujú príslušné dopravné intenzity, ktoré odrážajú záťaž a využitie danej cesty medzi zónami.

Nákladná doprava je modelovaná staticky. Matice dopravných vzťahov nákladných vozidiel sú generované podľa dát o zdrojoch a cieľoch konkrétnych ciest a tie sú v poslednom kroku pridelené na dopravnú sieť. Zdroje a ciele ciest pochádzajú z dát o pohybe nákladných vlakov a dát z mýtnych úsekov na cestách.

2.5 Iteračný cyklus

Dopravné zaťaženie na cestách ovplyvňuje časy a rýchlosti presunu medzi zónami, preto je potrebné výpočty viackrát opakovať, kým sa výsledky ustália – teda dosiahnu stabilný stav, takzvanú konvergenciu. Rozdiely v pridelení dopravy medzi cyklami nastávajú, pretože vyššie počty áut na ceste znižujú rýchlosť prejazdu danou cestou. Konvergencia modelu nastane vtedy, ak model v každom výpočtovom cykle prideli na sieť približne rovnaké hodnoty dopravných intenzít ako v predošlom, t. j. odchýlka medzi pridelenými intenzitami na sieti je minimalizovaná. To znamená, že model našiel optimálne rozdelenie a trasovanie ciest a akékoľvek alternatívne trasy by neprinesli výraznejšiu úsporu času. Výpočtový cyklus modelu a nadväznosť jednotlivých krokov je zobrazený a detailnejšie opísaný v Obrázok 3:

Obrázok 3: Vizualizácia výpočtových krokov a kalibrácie modelu



Zdroj: Ministerstvo dopravy Slovenskej republiky (2014)

3 Sme tu správne? Kalibrácia modelu

Model dosahuje presnosť 80 – 93 % v závislosti od typu dopravy, čo zodpovedá všeobecnému štandardu dopravných modelov. Presnosť modelu je v súčasnosti 85 % pre osobnú dopravu na cestách a 80 % vo vlakoch, 93 % pre ľahkú a 91 % pre ťažkú nákladnú dopravu na cestách. Overenie správnosti modelu, teda jeho kalibrácia, prebiehalo v dvoch krokoch – porovnaním dopravných výkonov na makroúrovni a porovnaním modelovaných a reálnych dopravných tokov podľa kritéria GEH (Box 2). Použité boli údaje z Celoštátneho sčítania dopravy a údaje o počte cestujúcich vo vlakoch. Kalibrácia znamená porovnanie odchýlok medzi modelovanými a nameranými intenzitami dopravy na cestných komunikáciách a následné doladenie modelu tak, aby sa modelované a reálne údaje zhodovali s čo najmenšími rozdielmi.

Na makroskopickú úroveň bolo potrebné porovnať celkové hodnoty najazdených osobokilometrov (koľko km precestovali všetky osoby) a vozidlových kilometrov (koľko km najazdili všetky vozidlá) na celej sieti SR. Tento krok umožnil makroskopické vyhodnotenie správnosti modelu porovnaním s Celoslovenským sčítaním dopravy a cestujúcich vo vlakoch. To znamená, že sa overila správnosť generovaného množstva ciest a správnej dĺžky dopravy medzi osobnou a verejnou dopravou. Model dosiahol ideálny pomer 1:1 medzi modelovanými a kalibračnými osobokilometrami na cestách a železničiach.

Detailná kalibrácia jednotlivých úsekov pozostávala z overovania správnosti modelovaných intenzít na jednotlivých častiach dopravnej siete a zo správnosti smerovania dopravy. Tento krok bol vyhodnotený pomocou štatistickej odchýlky GEH (Box 3), ktorá sa používa pre účely dopravného modelovania. Iteračným procesom sa mierne upravovali hodnoty parametrov v jednotlivých modelových stupňoch, aby modelované intenzity na dopravnej sieti zodpovedali reálnemu stavu využitia cestnej a železničnej infraštruktúry v SR. Takisto sa niektorým úsekom ciest pridávali tzv. odpory, ktoré upravovali ich priechodnosť, najmä na paralelných cestách. Kalibrácia modelu osobnej a nákladnej dopravy dosiahla dostačujúce výsledky, keď aspoň 85 % modelových úsekov, okrem železníc, dosahovalo hodnotu $GEH < 5$.

Box 3: Štatistická odchýlka GEH

Štatistická odchýlka GEH je štandardným nástrojom v dopravnom modelovaní, ktorým je možné porovnať modelované intenzity dopravy s nameranými intenzitami. GEH ponúka makroskopický pohľad na overenie správnosti modelu, no taktiež nástroj na detailnejšie preskúmanie problémových úsekov na modelovanej sieti. Podľa manuálu [Design Manual for Roads and Bridges](#) (DMRB) sa hodnota GEH menšia ako 5 považuje za dobrý modelovaný výsledok, úseku s hodnotou GEH v rozmedzí 5 – 10 si môžu vyžadovať bližšie preskúmanie príčin danej hodnoty a hodnota GEH vyššia ako 10 poukazuje na zásadnejší problém v modeli, dátach či v modelovanej infraštruktúre. Štandardne by podľa DMRB malo minimálne 85% modelovanej siete vykazovať hodnoty GEH menšie ako 5. V takom prípade sa môže výsledný model považovať za model dostatočne reprezentujúci skutočnú dopravu v záujmovej oblasti.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

kde M je modelovaný a C je reálny objem dopravy za hodinu.

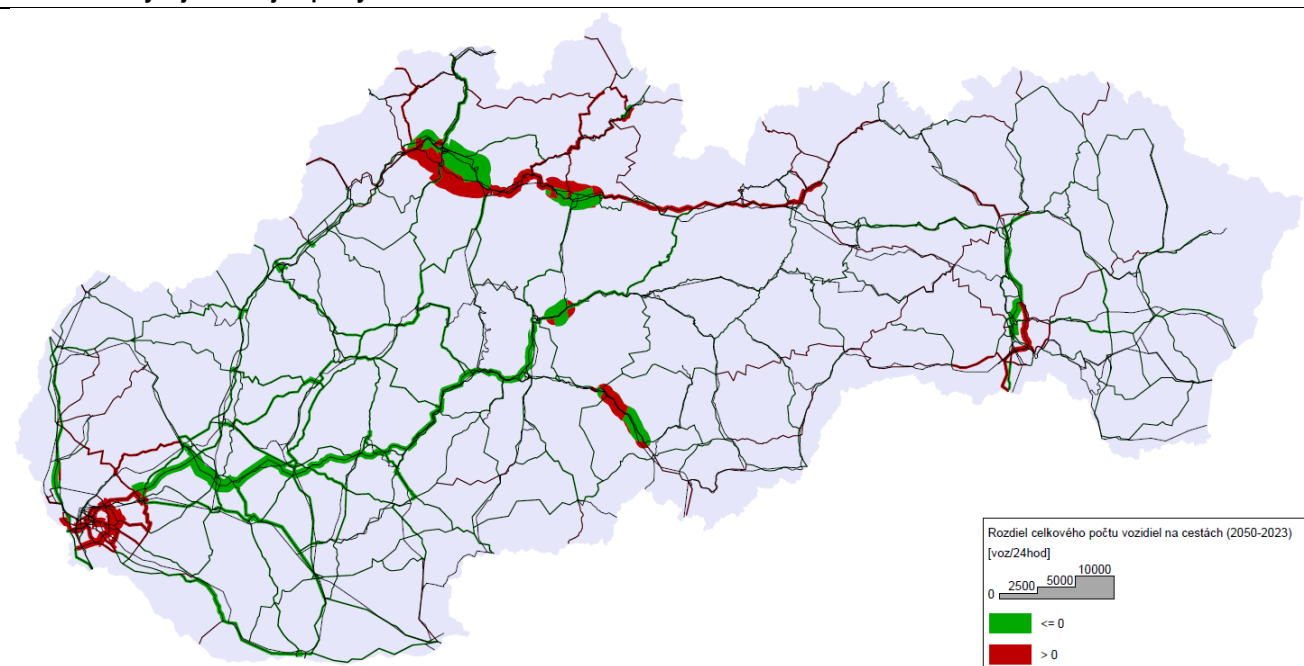
4 Plné vlaky, plné cesty? Prognózy osobnej a nákladnej dopravy

Pre vyhodnotenie návratnosti projektov a dlhodobé plánovanie investícií v doprave je potrebné čo najpresnejšie odhadnúť dopyt po dopravnej infraštruktúre. Z tohto dôvodu je potrebné vypočítať prognózovaný stav zaťaženia dopravnej siete pre osobnú a nákladnú dopravu. Výstupy modelu sú prognózované do roku 2050 v 5- a 10-ročných intervaloch.

4.1 Prognóza osobnej dopravy

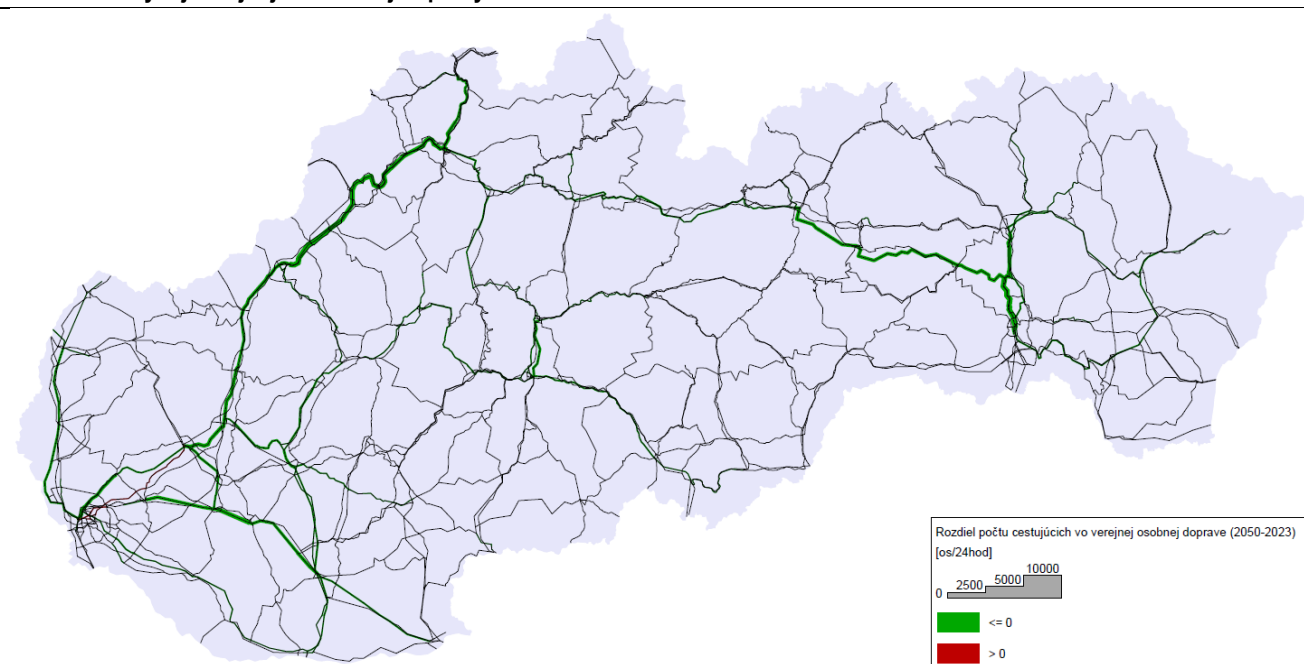
Do roku 2050 je očakávaný pokles osobnej dopravy o 6 % na cestách a o takmer 13 % na železniciach. Pokles dopravy sa bude týkať väčšiny územia SR, okrem regiónov na severe Slovenska (napr. Orava, Tatry, Šariš) a satelitných oblastí v okolí Bratislavy. Tieto zmeny priamo súvisia s vývojom demografie SR vyplývajúcim z demografickej prognózy SR (SAV) ako aj so zmenou automobilizácie SR. Porovnanie osobnej dopravy medzi rokmi 2023 a 2050 zahŕňa aj dokončenie stavby vybraných cestných úsekov do roku 2030. Týka sa to cestných stavieb, ktoré sú vo výstavbe k roku 2025 (napr. tunel Višňové a severný obchvat Prešova). Zmeny v intenzitách dopravy na novovybudovaných úsekoch sú značne viditeľné hlavne na úsekoch D1 pri Žiline a Ružomberku, kde sa väčšina diaľkovej dopravy presunie z terajších ciest I. triedy na diaľnicu.

Obrázok 4: Vývoj osobnej dopravy na cestách SR



Zdroj: ÚHP

Obrázok 5: Vývoj verejnej hromadnej dopravy v SR



Zdroj: ÚHP

4.1.1 Prognóza obyvateľstva SR

Do roku 2050 klesne počet obyvateľov žijúcich na Slovensku o približne 4 %. Podľa [demografickej prognózy SR](#), vypracovanej Slovenskou akadémiou vied (SAV), populácia SR stárne a prirodzený prírastok sa znižuje, čo vedie aj k poklesu počtu ekonomicky aktívnych obyvateľov. Predpokladaný vývoj počtu obyvateľov Slovenska vychádza z demografickej prognózy SAV do roku 2040, ktorá bola následne metodicky predĺžená do roku 2050 a spracovaná pre potreby dopravného modelu Útvárom hodnoty za peniaze. Tento základný demografický trend bol doplnený o vstupy z prognózy automobilizácie (IDP a ÚHP) a [Ageing reportu 2024](#) (Európska komisia). Údaje bolo potrebné upraviť tak, aby zodpovedali rozdeleniu populácie podľa ekonomickej aktivity a boli kompatibilné s modelovými vstupmi pre rok 2023.

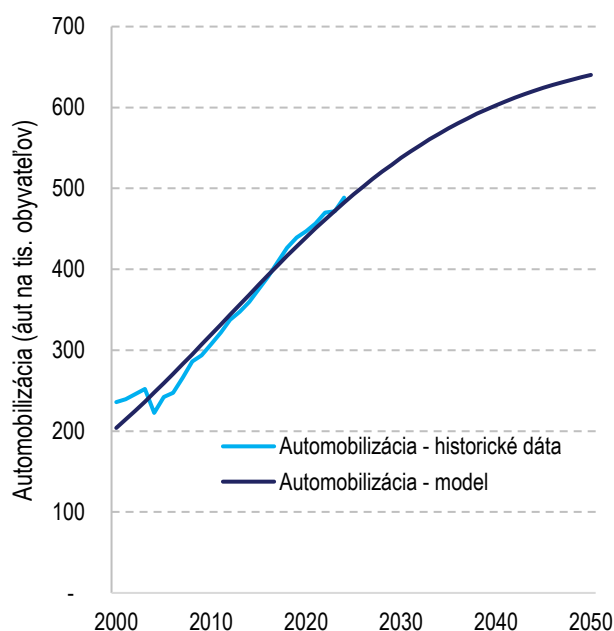
4.1.2 Prognóza automobilizácie SR

Podľa prognózy automobilizácie SR do roku 2050 narastie počet áut 1 000 obyvateľov o 36 %, zatiaľ čo počet ľudí využívajúcich auto narastie o približne 16 %. Dôvodom odlišného rastu je všeobecný pokles populácie, ako aj zvýšený počet automobilov v domácnosti, resp. vlastníkov viacerých automobilov. Prognóza automobilizácie vychádza z údajov o počte osobných vozidiel podľa okresných dopravných inšpektorátov, ktoré sú spárované s okresnými údajmi o počte obyvateľov. Na ich základe sa počíta automobilizácia a pre každý okres sa vytvára lineárna regresia s predikciou do roku 2050. Tieto predikcie sú prešlávané na referenčný rok 2023 s ohľadom na presuny vozidiel medzi okresmi. Celoslovenská automobilizácia (graf 1) je modelovaná logistickou funkciou s údajmi z rokov 2000 – 2024 a maximálnou saturáciou 680 vozidiel na 1 000 obyvateľov, ktorá bola určená porovnaním trendu rastu automobilizácie SR s Fínskom (Eurostat). Predikované počty vozidiel v okresoch, vypočítané z projekcie populácie a regionálnej automobilizácie, sú upravené tak, aby súhlasili s celkovou predikciou automobilizácie SR. Do prognózy nijak nevstupuje faktor zmeny počtu žiadostí o vodičský preukaz v SR.

4.1.3 Prognóza socio-ekonomických charakteristík SR

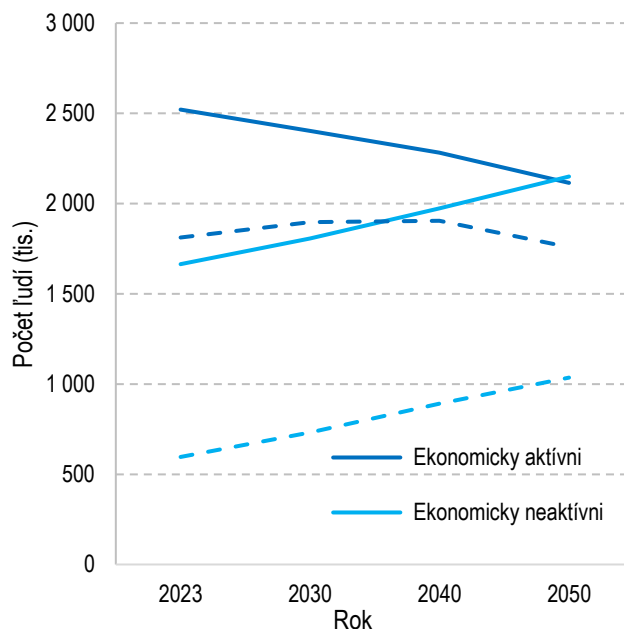
Do roku 2050 klesne počet ekonomicky aktívnych ľudí s autom o približne 3 %, avšak počet ekonomicky neaktívnych ľudí s autom sa zvýši o takmer 74 %. Tieto hodnoty vyplývajú tak zo zmien zamestnanosti v čase (Ageing report 2024), ako aj z prirodzeného starnutia populácie SR. Z toho vyplýva presun ľudí do dôchodkového veku, t.j. zo skupiny ekonomicky aktívnych do skupiny ekonomicky neaktívnych. Prognóza zamestnanosti bola odvodená z prognózy demografie SR a kombináciou s predpokladaným vývojom pracovnej sily (Ageing report 2024), čím bolo možné určiť odhadovaný podiel ekonomicky aktívnej a neaktívnej časti populácie. Kombináciou s prognózou o automobilizácii SR bolo možné odhadnúť predpokladaný vývoj počtu ľudí vlastniacich osobné auto podľa ich ekonomickej aktivity, znázornený v grafe 2. Počet obyvateľov s autom je odvodený pomocou modelu elasticity, ktorý zohľadňuje rozdielnu reakciu ekonomicky aktívneho a neaktívneho obyvateľstva na zmenu automobilizácie podľa okresov SR. Maximálny možný podiel populácie s autom je 90 % pre ekonomicky aktívnych a 80 % pre ekonomicky neaktívnych.

Graf 1: Prognóza automobilizácie



Zdroj: ÚHP, IDP

Graf 2: Očakávaný vývoj počtu ľudí s autom



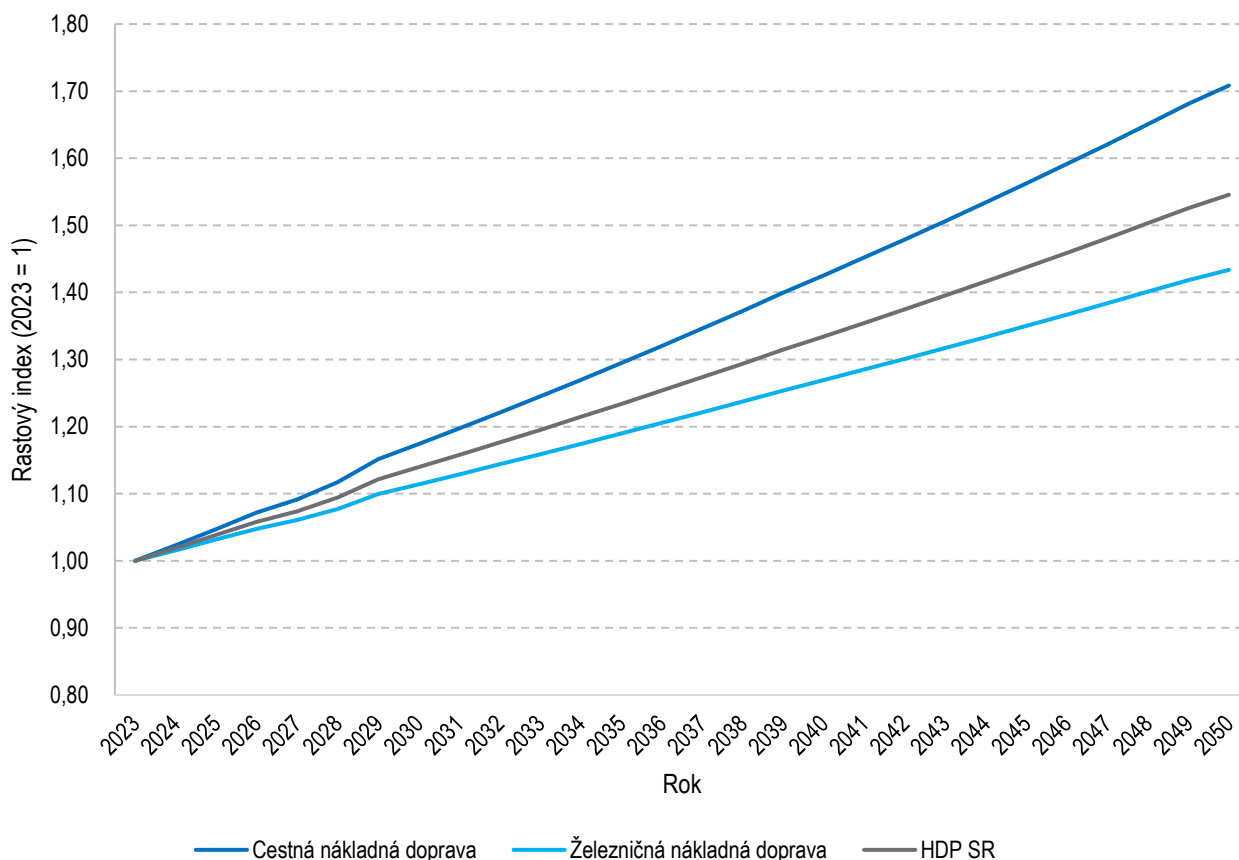
Zdroj: ÚHP, IDP

4.1.4 Prognóza nákladnej dopravy

Z historických dát a elastického modelu založenom na raste HDP Slovenska sa do roku 2050 očakáva nárast počtu nákladných vozidiel na cestách o 74 % a nárast počtu nákladných vlakov o 45 % voči roku 2023. Predpokladaný vývoj intenzít nákladnej dopravy je založený na historických dátach z Ročeniek dopravy, pôšt a komunikácií, ktoré sú následne prognózované pomocou koeficientu elasticity dopytu odvíjajúceho sa od predpokladaného rastu HDP Slovenska.

Predpokladaný rast dopravy sa počíta osobitne pre nákladnú dopravu na cestách a železničiach z dôvodu odlišného charakteru prepravovaných komodít a teda ich predpokladaného rastu. Využitím údajov o raste HDP Slovenska podľa Annual Ageing reportu Európskej komisie a elasticity rastu nákladnej dopravy boli určené elasticity voči rastu HDP vo výške **1,25** pre cestnú a **0,93** pre železničnú dopravu. Výsledné rasty nákladnej dopravy sú zobrazené v grafe 3.

Graf 3: Očakávaný rast nákladnej dopravy v porovnaní s HDP SR



Zdroj: ÚHP

Bibliografia

ŠTATISTICKÝ ÚRAD SR. 2023. *Sčítanie obyvateľstva, domov a bytov SR 2021*.

AF & PARTNERS. 2015. *Prieskum mobility*

EUROPEAN COMMISSION. 2024. *2024 Ageing report. Economic and Budgetary Projections for the EU Member States (2022-2070)*

ŠPROCHA B. VAŇO B. Bleha B. SAV. 2019. *Kraje a okresy Slovenska v demografickej perspektíve. Populačná prognóza do roku 2040*

UK HIGHWAYS AGENCY. 2005. *Design Manual for Roads and Bridges*. Volume 12. Section 2.

Zoznam skratiek

Zoznam skratiek nasleduje po bibliografii a je vo forme tabuľky, štandardne ohraničenej zhora aj zdola.

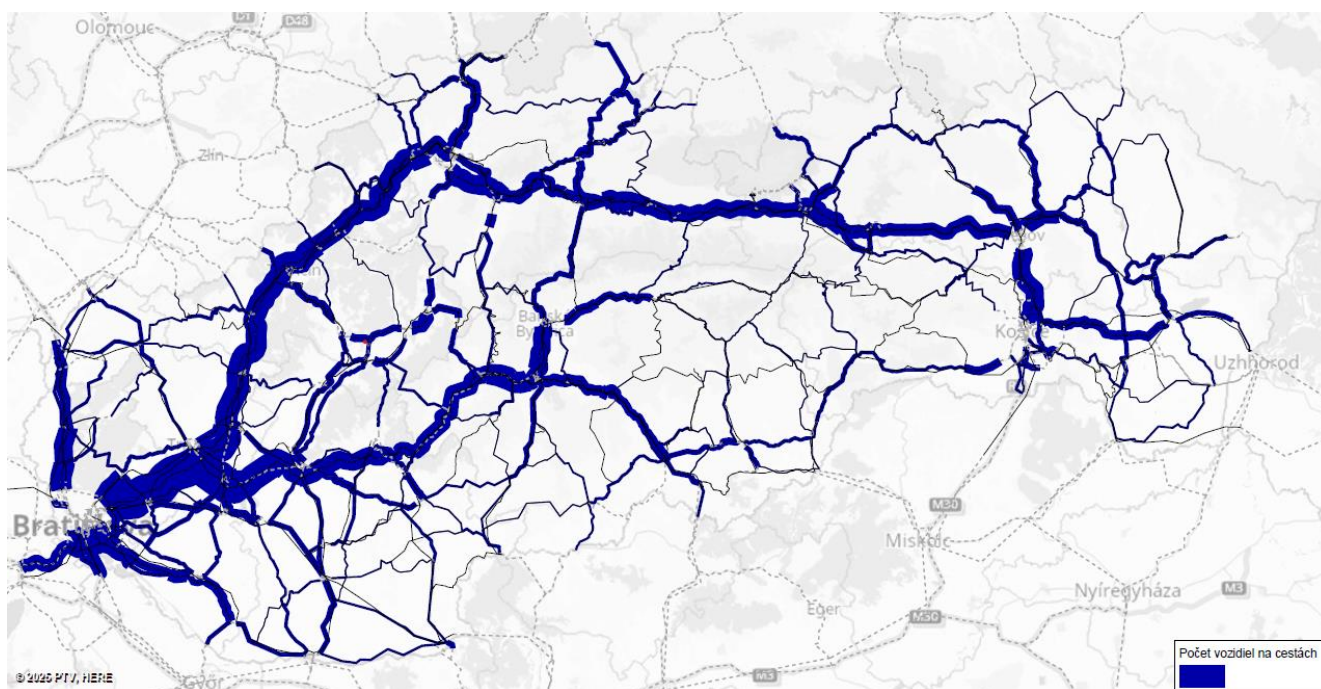
Skratka	Názov
AMDY	Analytický model dopravnej prognózy
ÚHP	Útvar hodnoty za peniaze
MF SR	Ministerstvo financií Slovenskej republiky
MD SR	Ministerstvo dopravy Slovenskej republiky
IDP	Inštitút dopravnej politiky
NDS	Národná diaľničná spoločnosť
SAV	Slovenská akadémia vied
EU	Európska únia
EC	Európska komisia
World Bank	Svetová banka
RFO	Register fyzických osôb
ZP	Register zdravotne poistených
SP	Sociálne poistenie (údaje o zamestnancoch)
RO	Register organizácií
SODB	Sčítanie obyvateľov, domov a bytov
IČO	Identifikačné číslo organizácie
EDUID	Identifikačný kód školy
OD-matica	Origin–Destination matica
GEH	Štatistická odchýlka (Geoffrey E. H.)
DMRB	Design Manual for Roads and Bridges
CBA	Cost-Benefit Analysis (analýza nákladov a prínosov)
HDP	Hrubý domáci produkt
vzkm	Vozidlový kilometer
oskm	Osobokilometer

Prílohy

Príloha 1: Objem dopravy na cestnej a železničnej sieti (2023)

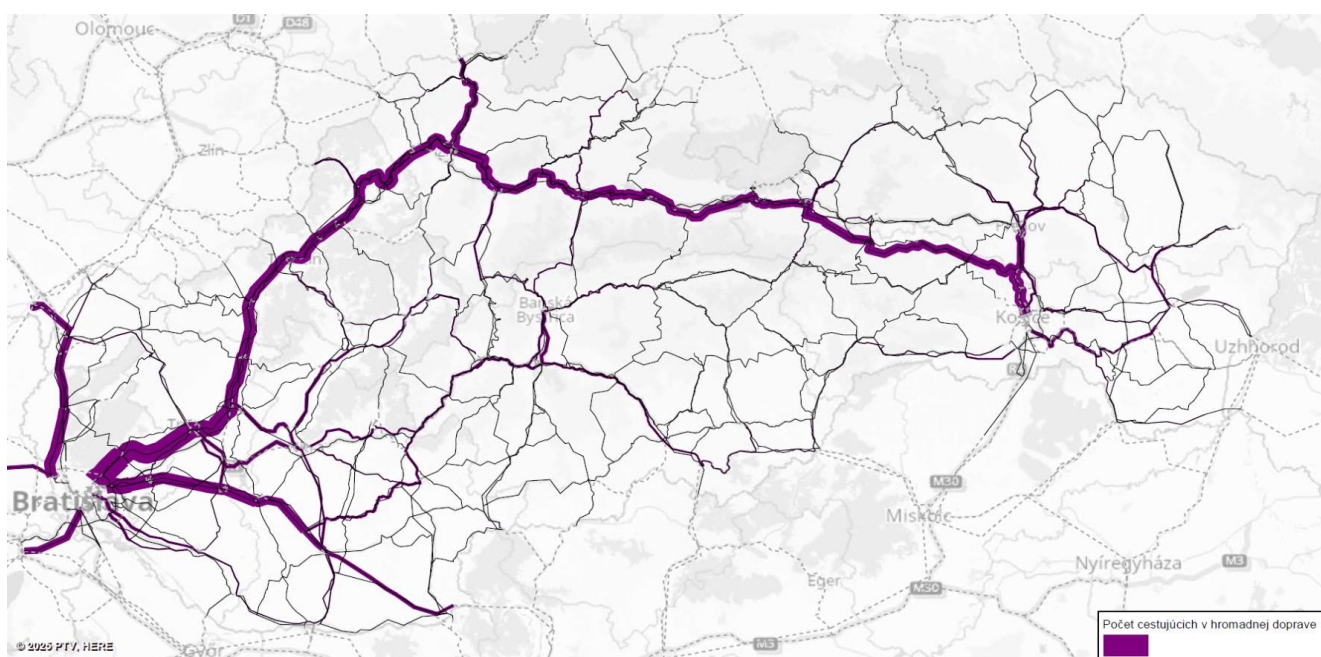
Zobrazenie dopravných intenzít na cestách a železničiach je dôležité pre pochopenie tvorby dopravných tokov Slovenska. Obrázok 6 a Obrázok 7 zobrazujú intenzity osobnej (individuálnej automobilovej a verejnej osobnej) dopravy na Slovensku. Na obrázkoch je možné pozorovať hlavné toky dopravy medzi východom a západom krajiny, ako aj tranzit medzinárodnej dopravy, či dochádzanie ľudí za prácou do regionálnych centier.

Obrázok 6: Objem dopravy na cestnej sieti SR (2023)



Zdroj: ÚHP

Obrázok 7: Objem cestujúcich na železničnej sieti SR (2023)



Zdroj: ÚHP

Príloha 2: Analytický model dopravnej prognózy (AMDY) – Technické zhrnutie