

TZ 9.0 Dopravní model Písek

Datum zpracování: 21. 01. 2020



Evropská unie
Evropský sociální fond
Operační program Zaměstnanost



MĚSTO
PÍSEK



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU

Atregia

Obsah

1	Základní parametry dopravního modelu.....	3
2	Model dopravní nabídky	7
3	Model přepravní poptávky	11
4	Kalibrace dopravního modelu	17
5	Dopravní zatížení – model současného stavu.....	19
6	Validace dopravního modelu	21
	Seznam příloh.....	23

1 Základní parametry dopravního modelu

Základní parametry dopravního modelu, tj. prostorový, časový a modální rozsah, určují složitost a podrobnost dopravního modelu. Tato podrobnost vychází především z dostupnosti a kvality zdrojových dat.

Použitá data

Tab. 01 Použitá data v dopravním modelu Písek a jejich zdroje

Typ dat	Název datové sady	Aktuální k datu	Zdroj dat
Data o dopravní síti	Global Network	2019	ŘSD ČR
	Jízdní řády - IDOS	2019	IDOS
	Sešitový jízdní řád	2019	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
	Plán řadení nákladních vlaků ND	2011	ČD Cargo
Data o využití území	Územní plán města Písek	2018	Město Písek
	Seznam firem v oboru silniční nákladní doprava	2019	Firmy.cz
	Databáze obchodní sítě INCOMA	2014/2015	Incoma GfK
	Územně analytické podklady Ústeckého kraje	2017	
	StreetNet POI	2017	CEDA
	Registr ekonomických subjektů (RES)	2018	ČSÚ
	Počet míst na školách	2018	MŠMT
	Data digitalizovaná z Maps.google.com	2019	-
Demografická a socioekonomická data		2019	ČSÚ
Data o dopravním chování obyvatelstva	Průzkum dopravního chování (PDCH Písek)	2019	CDV
	SLBD 2011 – Dojíždka do zaměstnání a škol	2011	ČSÚ
Sčítání dopravy a cestujících a jiné dopravně-inženýrské průzkumy	Celostátní sčítání dopravy	2016	ŘSD ČR
	Sčítání intenzit dopravy ve městě Písek	17. 10. 2017	CDV
	Směrový průzkum (NEZ Písek)	12. 09. 2017	CDV
	Sčítání cyklistické dopravy Písek	13. 09. 2017	CDV
Veřejná hromadná doprava	MHD Písek – Přehled nástupu cestujících na zastávkách MHD Písek	2019	Město Písek

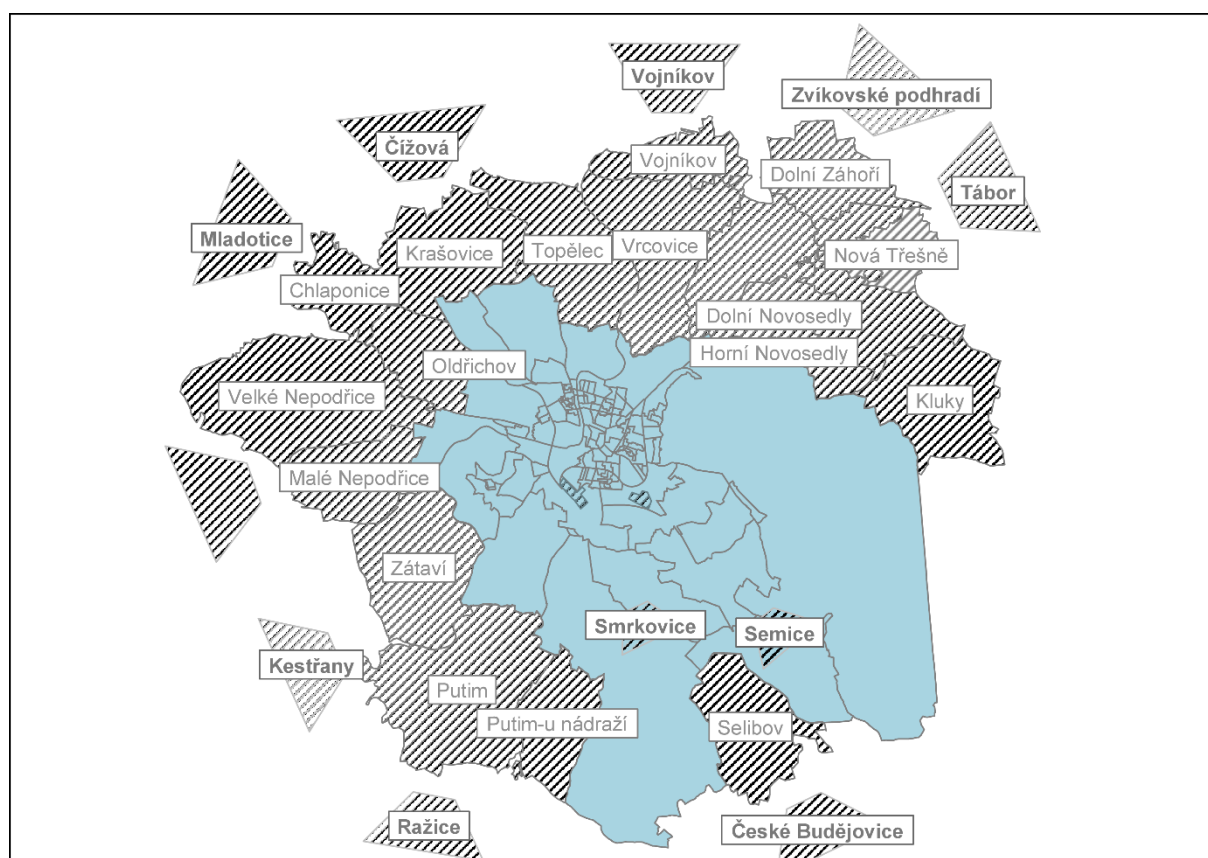
Zonální struktura

Zóny v dopravním modelu jsou oblasti, které popisují část reálného světa z hlediska využití území, demografie a umístění na komunikační síti. Město Písek je členěno v podrobnosti na sčítací obvody (celkem 135 zón), spádové území v podrobnosti na ZSJ. Ve městě Písku jsou také zavedeny dvě vnitřní zóny, kde převažuje nákupní charakter. Mimo tyto tzv. vnitřní zóny, tvoří model i kordonové zóny, mezi kterými je vedena tranzitní doprava přes území a také zdrojová a cílová doprava, která začíná nebo končí za hranicí modelovaného území.

Tab. 01 Zonální struktura

Oblast	Členění	Počet zón
Písek	sčítací obvody	135
	nákupní zóny	2
Spádové území	ZSJ	22
Kordonové zóny		11
Celkem		170

Zonální struktura



Dopravní módy

V dopravním modelu jsou zaneseny 4 módy osobní dopravy (automobil, veřejná doprava, kolo a pěší) a dva módy nákladní dopravy (lehká nákladní doprava a těžká nákladní doprava). V rámci veřejné hromadné dopravy je obsažena autobusová doprava a železniční doprava.

Tab. 02 Dopravní módy použité v modelu

Kód v modelu		Název	Popis
Veřejná hromadná doprava (PuT)	Bus	Autobusová doprava	Městská hromadná, noční, regionální autobusy
	Rail	Železniční doprava	EuroCity, Expresy, rychlíky, spěšné, osobní vlaky
	VD		Pěší doprava v rámci VHD
Osobní doprava (PrT)	Kolo	Cyklistická doprava	
	Pěší	Pěší doprava	
	IAD	Automobilová doprava	Individuální automobilová doprava
Nákladní doprava	LND	Lehká nákladní doprava	Vozidla do 3,5 t
	TND	Těžká nákladní doprava	Vozidla nad 3,5 t

Segmenty populace a účely cest v dopravním modelu

Model osobní dopravy je postavený na dopravním chování obyvatel, které vychází z průzkumu dopravního chování. Vzhledem k nehomogenosti dopravního chování populace jako celku, je vhodné populaci rozdělit na několik skupin. V rámci dopravního modelu Písku jsou sledovány tři segmenty populace tak, aby je bylo možné navázat na dostupná data o obyvatelstvu:

- Žáci základní a střední školy: 6–19 let
- Ekonomicky aktivní obyvatelstvo: pracující, pracující důchodci, pracující studenti
- Ekonomicky neaktivní obyvatelstvo: nezaměstnaní, nepracující důchodci, ženy na mateřské a rodičovské dovolené, studenti ve věku 20 a více let

V rámci dopravního modelu se neuvažuje s cestami dětí do šesti let.

Segmenty obyvatel v modelu cestují za nejrůznějšími účely, které jsou získány z průzkumu dopravního chování. Cesty jsou rozděleny na dvě skupiny, tzv. *Home-based* cesty, které začínají nebo končí v místě bydliště a *NonHome-based* cesty, které začínají jinde než v místě bydliště. V rámci průzkumu dopravního chování bylo sledováno osm účelů cest, které byly seskupeny do pěti párů cest:

- Domov – Vzdělání: cesty Domov – Vzdělání a zpět

- Domov - Ostatní: cesty Domov - Ostatní a zpět, cesty Domov - Volný čas a zpět, cesty Domov - Vyřizování a zpět, cesty Domov - Aktivní odpočinek a zpět, cesty Domov - Vzdělání a zpět (pro studenty ve věku 20 a více let)
- Domov - Nákup: cesty Domov - Nákup a zpět
- Domov - Práce: cesty Domov - Práce a zpět
- Ostatní - Ostatní: kombinace cest, které nezačínají ani nekončí v místě bydliště (např. Práce - Nákup)

Níže v tabulce jsou obsaženy sledované kombinace segmentů populace a účelů cest v dopravním modelu města Písek.

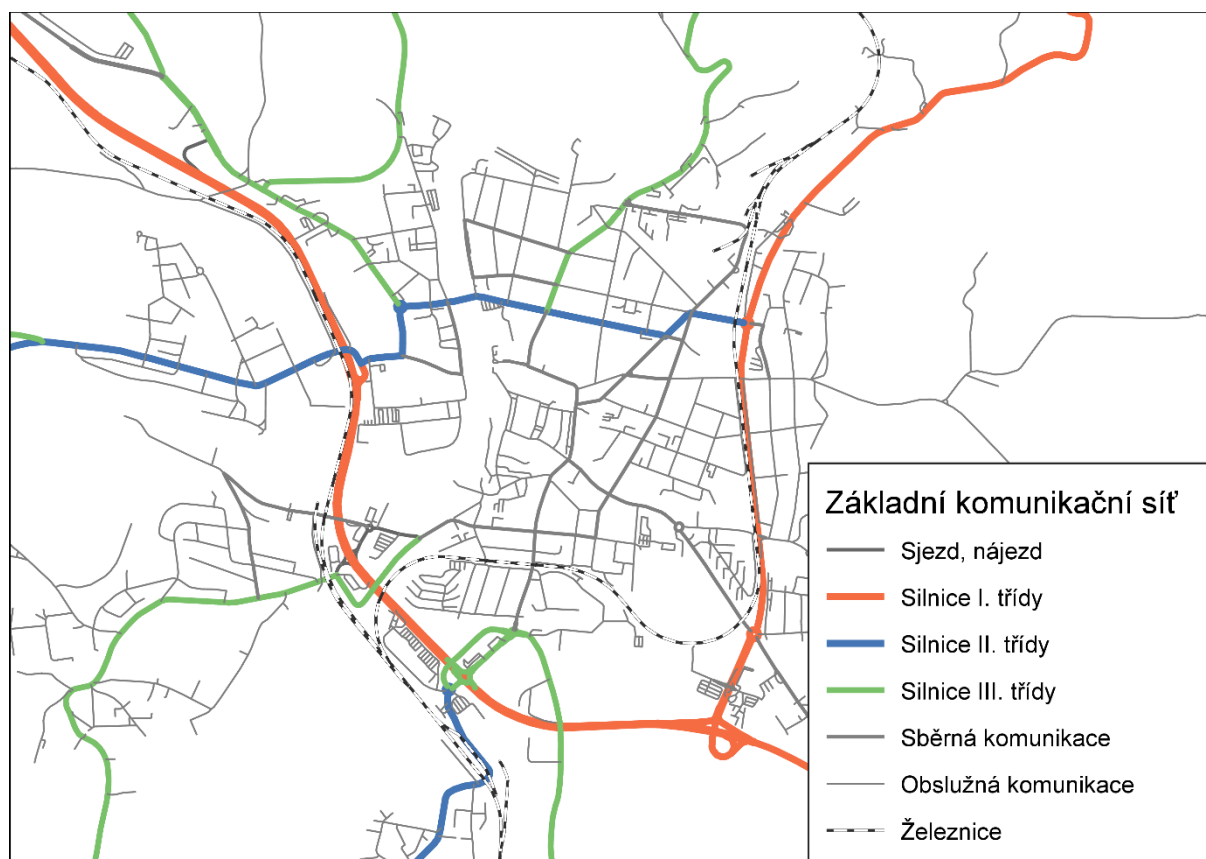
Tab. 03 Páry cest odvozené z průzkumu dopravního chování

Páry cest			Ekonomicky aktivní	Žáci	Celkem
HE	Home - Education	Domov - Vzdělání		X	
H0	Home - Other	Domov - Ostatní			X
HS	Home - Shopping	Domov - Nákup			X
HW	Home - Work	Domov - Práce	X		
00	Other - Other	Ostatní - Ostatní			X

2 Model dopravní nabídky

Dopravní síť

Dopravní síť v dopravním modelu koresponduje s jeho zonální strukturou. Ve více zonálně členěném území je dopravní síť více hustá a obsahuje jak pěší, tak cyklistickou síť. V okrajových zónách modelu je síť méně hustá a obsahuje pouze hlavní komunikace.



Komunikační síť dopravního modelu Písek

Dopravní kapacita je jedním z klíčových atributů dopravní sítě. Metodika výpočtu kapacity pozemních komunikací je uvedena v normách ČSN 736101 Projektování silnic a dálnic a ČSN 736110 Projektování místních komunikací. Pro dopravní model města Písek byly využity kapacity uvedené v Tab. 04

Tab. 04 Kapacita komunikací dle typu linky (upraveno dle [2],)

Název	Nejvyšší povolená rychlost	Počet pruhů	Denní kapacita vozidel
Dálnice	130 km/h	2	37000
	130 km/h	3	55000
	80 km/h	2	37000
Sjezd, nájezd - dálnice	70 km/h	2	12000

	70 km/h	1	10000
Silnice I. třídy	90 km/h	1	13000
	50 km/h	1	11500
Silnice II. třídy	90 km/h	1	12000
	50 km/h	1	10500
Silnice III. třídy	90 km/h	1	10000
	50 km/h	1	8000
	30 km/h	1	7000
Sběrná komunikace	50 km/h	1	8000
	50 km/h	2	16000
	30 km/h	1	5000
Obslužná komunikace	50 km/h	1	7000
	30 km/h	1	5000
	20 km/h	1	3000
Cyklostezka	18 km/h*		1000
Pěší komunikace	4 km/h**		1000
* rychlost cyklistické dopravy			
** rychlost pěší dopravy			

Pro jednotlivé komunikace silniční sítě byly nastavené funkce závislosti rychlosti a zdržení dopravní proudu (*Volume Delay Function*). Byla zvolena funkce BPR (*Bureau of Public Roads function*), která počítá aktuální zdržení hran v síti následující rovnicí:

$$t_{cur} = t_0 \cdot (1 + a \cdot (\frac{q}{q_{max} \cdot c})^b),$$

kde

t_{cur} = aktuální rychlost

t_0 = volná rychlost

q = intenzita dopravy za jednotku času

q_{max} = kapacita

Parametry funkce a , b a c jsou rozdílné pro různé typy komunikací, hodnoty pro různé typy komunikací jsou uvedeny v tabulce níže.

Tab. 05 Hodnoty parametrů funkce BPR

Typ komunikace	Hodnoty parametrů funkce BPR		
	a	b	c
Dálnice	0,7	3,0	1,0
Silnice I. třídy	1,0	3,0	1,0
Silnice II. třídy	1,2	3,0	1,0
Silnice III. třídy	1,4	3,0	1,0
Sběrné komunikace	1,8	3,0	1,0
Obslužné komunikace	2,0	3,0	1,0

Veřejná doprava

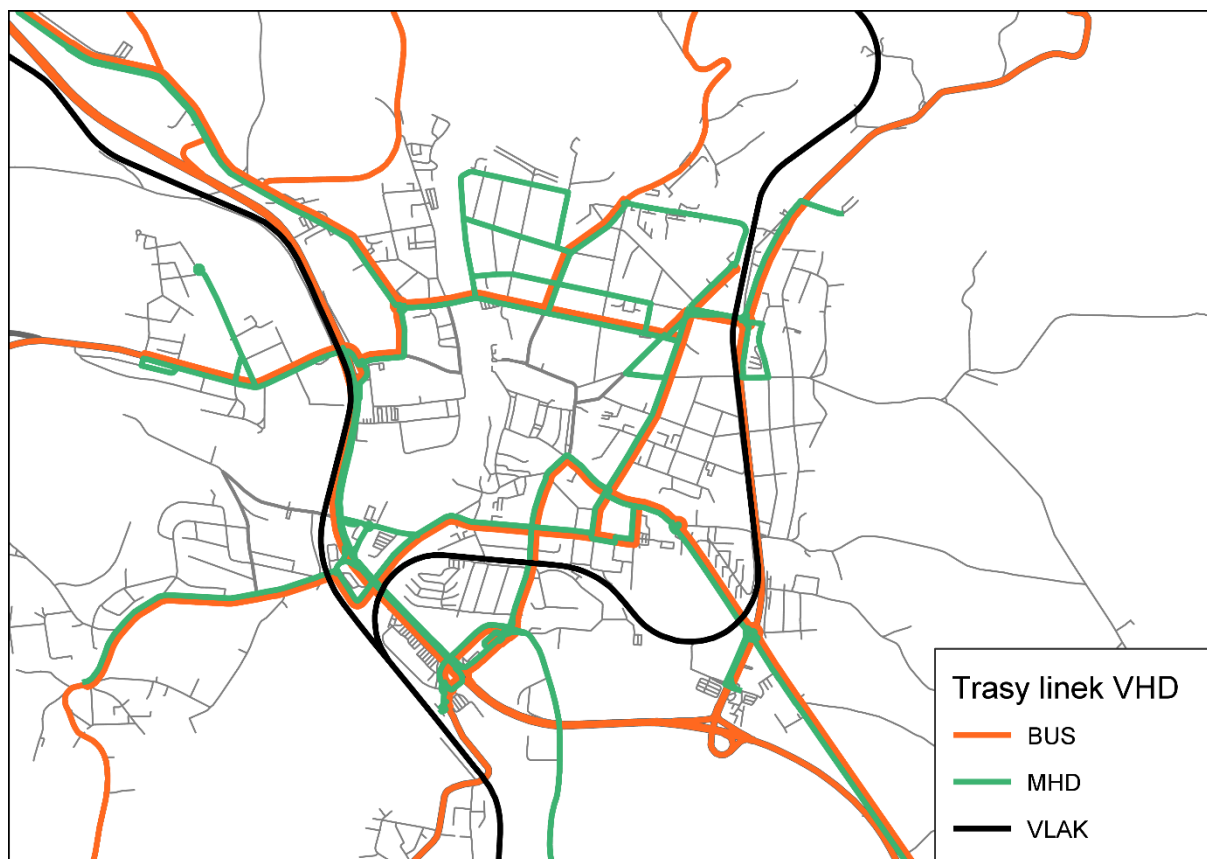
Dopravní model obsahuje všechny typy veřejné dopravy v modelovaném území. Mimo MHD města Písek, zahrnuje i všechny linky regionální autobusové dopravy a železniční dopravy. Veřejná hromadná doprava v dopravním modelu jezdí dle oficiálních jízdních řádů (platných ve všední den k roku 2019).

V modelu jsou zaneseny zastávky veřejné hromadné dopravy a pomocí pěších linek je umožněn přestup z jednoho módu veřejné dopravy na jiný (např. přestup z vlaku na autobus).

Tab. 06 Linky veřejné dopravy v dopravním modelu

Typ veřejné dopravy	Počet linek/spojů	Zdroj
MHD Písek	9/101	Město Písek
Regionální a dálkové autobusy	27/301	Jikord.cz, IDOS (sloučené dle směru)
Vlakové spoje	4/91	IDOS

Na rozdíl od osobní dopravy je čas a vzdálenost pro veřejnou dopravu vypočítán jako součet dílčích cest: pěší cesta na zastávku veřejné dopravy, cesta spojem, přestupy apod.



Náhled linek veřejné hromadné dopravy

Konektory

Dopravní zóny jsou na dopravní síť napojené pomocí tzv. konektorů. Ty v sobě nesou čas a vzdálenost, které jsou potřebné k příchodu na síť. Např. příchod k autu, parkování, zamykání/odemykání kola apod.

3 Model přepravní poptávky

Princip čtyřstupňového dopravního modelu je dodnes používán jako nejrozšířenější metoda dopravního modelování osobní dopravy. Tradiční postup využívají takzvané sekvenční modely, které postupně odpovídají na otázky vázané k jednotlivým krokům výpočtů dopravního modelu:

- Vykonám cestu? (vznik cest)
- Kam budu cestovat? (rozdělení cest)
- Jakým dopravním prostředkem? (volba dopravního prostředku)
- Jakou trasu zvolím? (zatížení sítě)

Zároveň je přepravní poptávka v modelu dělena na tyto dílčí části:

- Model vnitřní dopravy (dopravní chování obyvatel Písku a okolí)
- Model externí zdrojové/cílové dopravy
- Tranzitní doprava

Vznik cest

Vznik cest (*Trip Generation*) je prvním stupněm z klasického čtyřstupňového dopravního modelu. V tomto kroku dochází k určení, jaký je přibližný počet cest vznikajících v každé zóně (produkce dopravní poptávky) a kolik cest v zóně končí (atraktivita zón), bez ohledu na to odkud/kam tyto cesty vedou.

Produkce dopravní poptávky kombinuje u cest začínajících v místě bydliště počet obyvatel a tzv. hybnost obyvatelstva. Produkce cest nezačínajících v místě bydliště je odvozena z cílů cest *Home-Based* cest. Atraktivita zón je odvozena z dat o využití území.

Demografie

Pro účely dopravního modelu jsou využita data ČSÚ o věku, pohlaví a ekonomické aktivitě populace. Základními vstupními daty jsou údaje o evidenci obyvatelstva z roku 2019 (ČSÚ) a údaje ze SLDB 2011 (ČSÚ). Na základě rozdílů v ortofoto snímcích byl rozdíl obyvatel mezi 2011 a 2019 přiřazen do příslušných sčítacích obvodů.

Z dat SLDB 2011 byly vytvořeny váhy pro jednoleté věkové kategorie a podle pohlaví pro jednotlivé kategorie ekonomické aktivity. Následně byly tyto váhy agregovány podle definice segmentů populace. Tyto váhy slouží k přepočtu údajů o obyvatelstvu dle věkových kategorií a pohlaví na požadované segmenty populace.

Segmenty populace v současném stavu jsou z hlediska ukazatelů velikosti (počet obyvatel ve věkových kategoriích a dle pohlaví) dány aktuálními údaji z roku 2019, nicméně struktura ekonomické aktivity v jednotlivých věkových kategoriích odráží stav v roce 2011.

Hybnost Obyvatelstva

Hybnost obyvatelstva je počet cest připadající na jednoho obyvatele dané oblasti za časovou jednotku (nejčastěji pracovní den nebo rok).

Tab. 07 Hybnost obyvatelstva pro obyvatele města Písek (Průzkum dopravního chování, 2019)

Páry cest	Ekonomicky aktivní (EA)	Žáci: 6–19 let (ZA)	Obyvatelstvo celkem (SM)
Domov – Vzdělání		1.84	
Domov – Ostatní			0.89
Domov – Nákup			0.42
Domov – Práce	1.57		
Ostatní – Ostatní			0.36

Atraktivita území

Atraktivita zóny z hlediska daného účelu cesty je v dopravním modelu vyjádřena relativním číslem. Toto číslo určuje, kolik cest bude v dané zóně končit s ohledem na celkový počet cest, které za daným účelem vzniká (celková produkce). Ve všech poptávkových vrstvách byl při jejich výpočtu proveden přepočet „scaling“ dle produkce, tzn., že celkový počet cest v dané poptávkové vrstvě je roven součtu produkcí všech zón v této vrstvě. Výpočet atraktivit pro jednotlivé účely cest jsou obsaženy níže v tabulce.

Tab. 08 Atraktivita území

Páry cest	Atraktivita
Domov – Vzdělání (HE)	Atraktivita pro cesty za vzděláním je vyjádřena počtem žáků na základních a středních školách (zdroj MŠMT).
Domov – Ostatní (HO)	Ostatní cesty zahrnují širokou škálu cest – od např. návštěvy, procházky v parku až po navštívení úřadu nebo banky. Atraktivita pro tyto cesty byla odvozena z dat z územního plánu v kombinaci s digitalizovanými daty z Google Maps. Do vzorce vstupují plochy občanského vybavení, veřejné vybavenosti, zdravotních služeb nebo veřejného prostranství. Je v něm zahrnut také faktor historického jádra nebo počtu obyvatel.
Domov – Nákup (HS)	Atraktivita pro cesty za nákupem byla odvozena z dat databáze obchodní sítě INCOMA, která byla doplněna daty digitalizovanými z Google Maps. Pomocí metodiky Metody prognózy intenzit generované dopravy [4] byla atraktivita vypočítána z ploch obchodních center, ploch obchodů s potravinami a ploch ostatních obchodů.
Domov – Práce (HW)	Data o pracovních místech jsou pro dopravní model odvozena z údajů o pracovní vyjížďce ze SLDB 2011 (ČSÚ). Z údajů o pracovní vyjížďce z obcí a v rámci obcí lze určit počet tzv. obsazených pracovních míst. Obsazená pracovní místa v určité obce jsou dána následujícím vzorcem:

$$OPM_i = \sum PD_j + VPD_i$$

kde OPM je počet obsazených pracovních míst v obci i, PD je počet vyjíždějících z ostatních obcí j, VPD je vnitřní pracovní dojíždka v rámci obce i.

Údaje o počtu OPM pro danou obec jsou následně přepočteny na zóny dopravního modelu podle vah, OPM jsou dále kalibrována dle údajů o největších zaměstnavatelích v území (webové stránky jednotlivých firem).

Ostatní – Ostatní (OO)	Na rozdíl od cest Domov – Ostatní, zahrnují cesty Ostatní – Ostatní i všechny cesty, které nezačínají nebo nekončí doma, např. Práce – Nákup, Vzdělání – Ostatní. Z toho důvodu do této atraktivitu vstupuje i počet pracovních míst nebo nákupní plocha.
---------------------------	---

Distribuce cest

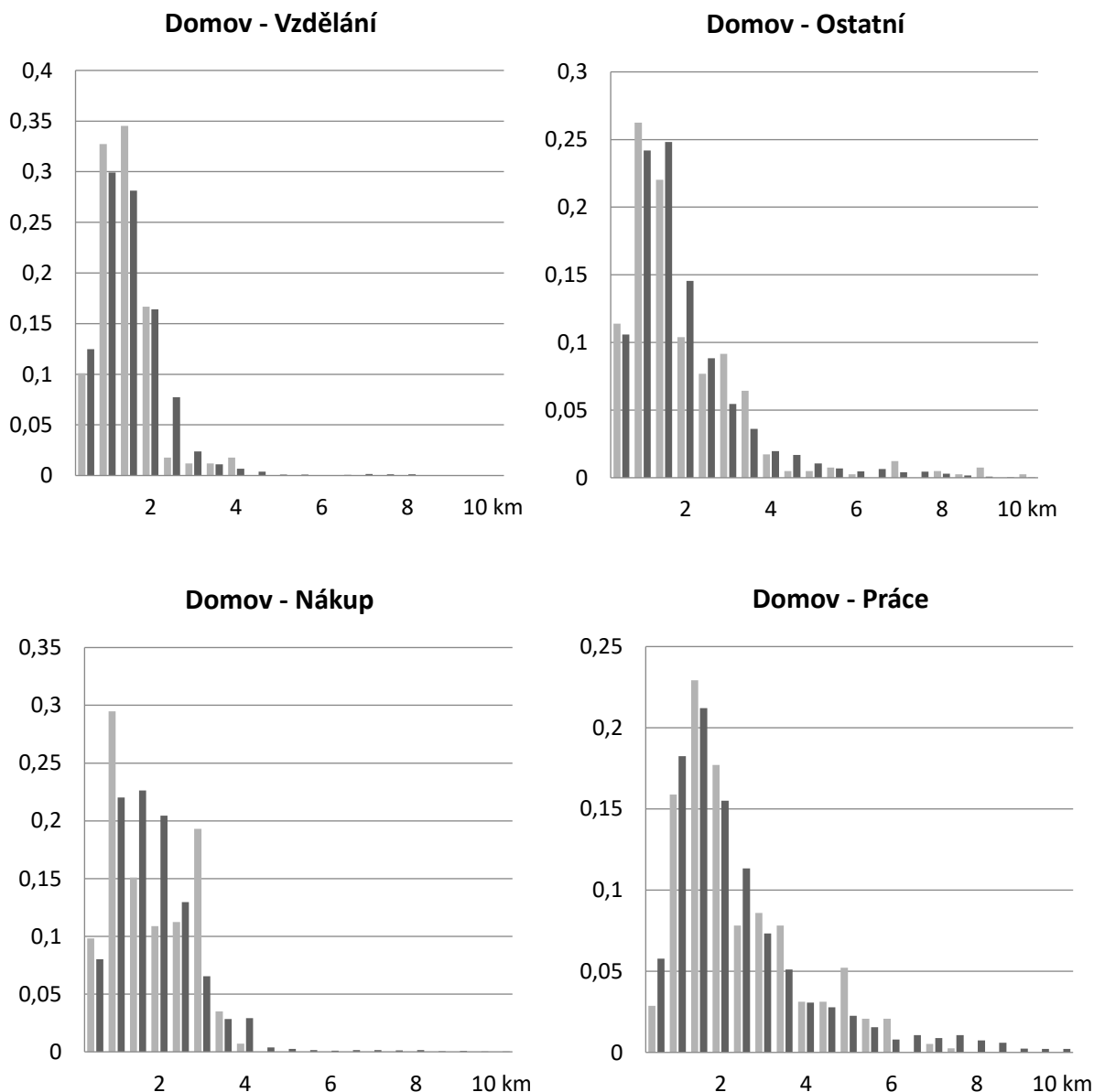
Distribuce cest je druhým krokem ve čtyřstupňovém modelu a jeho výsledkem je matice přepravních vztahů. Hlavním parametrem pro toto rozdělení je tzv. atraktivita zón (tedy počet cest končících v dané zóně). Dalším parametrem, který vstupuje do modelu distribuce cest, jsou generalizované náklady vyjádřené délkou cesty. Tento parametr ovlivňuje výpočet tak, že při srovnatelné atraktivitě území jsou pro danou aktivitu dopravně přitažlivější bližší zóny než zóny vzdálenější.

Modely distribuce cest byly odvozeny z dat z průzkumu dopravního chování. Funkce jsou založeny na logitových. V tabulce níže je seznam funkcí využitých pro jednotlivé poptávkové vrstvy a zároveň porovnání s daty z průzkumu dopravního chování, které byly využity i pro následnou kalibraci.

Tab. 09 Funkce distribuce cest obyvatel Písku a korelace s průzkumem dopravního chování Písek

Poptávková vrstva	Typ funkce	Parametr c	Korelace s PDCH Písek	Počet pozorování v PDCH Písek
HE_ZA	Logit	-0.70	0.97	168
HO_SM	Logit	-0.82	0.85	404
HS_SM	Logit	-0.51	0.98	285
HW_EA	Logit	-0.39	0.98	384
OO_ALL	Logit	-0.59	0.97	147

Histogramy pro jednotlivé páry cest (černá = modelované hodnoty, šedá = pozorované hodnoty v průzkumu dopravního chování)



Volba dopravního prostředku

Modely volby dopravního prostředku byly vytvořeny pro potřeby dopravního modelu z dat průzkumu dopravního chování obyvatel města Písek. Začátek a konec cest z průzkumu dopravního chování byl převeden na úroveň zón v dopravním modelu. Byl dopočítán čas a délka trasy jak pro mód, který byl k cestě využit, tak pro všechny alternativní módy. Intrazonální cesty a cesty, které přesahují území dopravního modelu, nebyly do odhadů zahrnuty. Z tohoto důvodu by neměly být výsledky analýzy volby dopravního módu pro dopravní model použity jako samostatný analytický výstup.

Modely volby dopravního módu jsou vytvořeny pro pět skupin účelů cest. Tyto skupiny byly voleny tak, aby poskytovaly teoreticky co nejvíce homogenní typy cest a zároveň tak, aby v každé skupině byl dostatečný počet cest pro odhad.

Všech pět modelů má stejné základní rovnice utilitních funkcí pro jednotlivé módy. Tato rovnice zůstává u jednotlivých skupin cest stejná. Liší se pouze v použitých parametrech a především v odhadnutých koeficientech těchto parametrů. Model volby dopravního módu obsahuje čtyři regresní rovnice pro každý modelovaný dopravní mód zvlášť. Jednotlivé parametry funkcí pro poptávkové skupiny jsou obsaženy na 0.

Parametry funkce volba dopravního prostředku, kde $Matrix([NO]=10001)$ = cestovní čas autem, $Matrix([NO]=10002)$ = cestovní čas na kole, $Matrix([NO]=10003)$ = cestovní čas pěšky, $Matrix([NO]=10004)$ = cestovní čas veřejnou dopravou

Count: 20	Key	Demand stratum	Mode	Utility function	Jnction typ	a	b	c	
1	HE-ZK/IAD	HE-ZK	IAD IAD	$2.7363-0.0738*Matrix([NO] = 10001)$	...	Logit	0	0	1
2	HE-ZK/KOL	HE-ZK	KOL KOL	$0.8-0.0738*Matrix([NO] = 10002)$	...	Logit	0	0	1
3	HE-ZK/PES	HE-ZK	PES PES	$6.0157-0.0738*Matrix([NO] = 10003)$	...	Logit	0	0	1
4	HE-ZK/VHD	HE-ZK	VHD VHD	$3.5365-0.0738*Matrix([NO] = 10004)$	...	Logit	0	0	1
5	HO-SM/IAD	HO-SM	IAD IAD	$0.5764-0.1997*Matrix([NO] = 10001)$	...	Logit	0	0	1
6	HO-SM/KOL	HO-SM	KOL KOL	$-0.06-0.1145*Matrix([NO] = 10002)$	...	Logit	0	0	1
7	HO-SM/PES	HO-SM	PES PES	$3.3540-0.1496*Matrix([NO] = 10003)$	...	Logit	0	0	1
8	HO-SM/VHD	HO-SM	VHD VHD	$-0.5-0.1053*Matrix([NO] = 10004)$	...	Logit	0	0	1
9	HS-SM/IAD	HS-SM	IAD IAD	$0.9178-0.2271*Matrix([NO] = 10001)$	...	Logit	0	0	1
10	HS-SM/KOL	HS-SM	KOL KOL	$0.9-0.2970*Matrix([NO] = 10002)$	...	Logit	0	0	1
11	HS-SM/PES	HS-SM	PES PES	$11.3641-0.5028*Matrix([NO] = 10003)$	...	Logit	0	0	1
12	HS-SM/VHD	HS-SM	VHD VHD	$-2.6864-0.0044*Matrix([NO] = 10004)$	...	Logit	0	0	1
13	HW-EA/IAD	HW-EA	IAD IAD	$-0.9-0.1611*Matrix([NO] = 10001)$	...	Logit	0	0	1
14	HW-EA/KOL	HW-EA	KOL KOL	$-0.1-0.2602*Matrix([NO] = 10002)$	...	Logit	0	0	1
15	HW-EA/PES	HW-EA	PES PES	$7.5178-0.4464*Matrix([NO] = 10003)$	...	Logit	0	0	1
16	HW-EA/VHD	HW-EA	VHD VHD	$-0.5-0.1734*Matrix([NO] = 10004)$	...	Logit	0	0	1
17	OO-SM/IAD	OO-SM	IAD IAD	$0.020851-0.0941*Matrix([NO] = 10001)$	...	Logit	0	0	1
18	OO-SM/KOL	OO-SM	KOL KOL	$0.2-0.2074*Matrix([NO] = 10002)$	...	Logit	0	0	1
19	OO-SM/PES	OO-SM	PES PES	$1.5344-0.0822*Matrix([NO] = 10003)$	...	Logit	0	0	1
20	OO-SM/VHD	OO-SM	VHD VHD	$-0.680-0.0541*Matrix([NO] = 10004)$	...	Logit	0	0	1

Obsazenost automobilů

Obsazenost automobilů byla odvozena z dat z průzkumu dopravního chování. Do procesu modelování byla zařazena po volbě dopravního prostředku.

Tab. 10 Obsazenost automobilů (Průzkum dopravního chování Písek 2019)

Využitý dopravní mód	Počet cest v průzkumu dopravního chování	
Řidič	546	69.8%
Spolujezdec	236	30.2%
Celkem cest	782	100%
Obsazenost automobilů		1.43

Model nákladní dopravy

Na rozdíl od osobní dopravy, kde je mnoho cest s jednou destinací, mají cesty nákladní dopravy destinací více. Proto byl zvolen přístup modelování tzv. řetězců cest (tour-based přístup). Produkce cest nákladní dopravy v jednotlivých zónách byla odhadnuta z počtu, velikosti a charakteru firem, zabývajících se přepravou zboží, které sídlí v dané zóně. Na základě dat o využití území a o větších společnostech, zabývajících se přepravou zboží, byly odhadnuty údaje o produkcích a atraktivitách jednotlivých zón.

Model předpokládá, že řetězec cest silniční nákladní dopravy je za danou časovou jednotku uzavřený, tj. že končí ve stejné lokalitě, kde začal. Vzhledem k nedostatku dat o firmách byly potřebné údaje odhadovány na základě dat z webových stránek firem, zkušeností zpracovatelů s tvorbou modelu nákladní dopravy a z odborné literatury. Jedná se zejména o následující údaje: flotila, tedy počet lehkých a těžkých nákladních vozidel, předpokládaný obrát a předpokládaný počet destinací v rámci jedné cesty. Jako atraktivita zón modelu z hlediska nákladní dopravy byla využita data typu: plochy pro výrobu a skladování, lehký a těžký průmysl, obchody.

Externí a tranzitní doprava

Model dopravy zahrnuje nejen dopravu začínající a končící v modelovém území, ale také dopravu, která vzniká mimo modelové území a končí v tomto území (tzv. cílová doprava), vzniká v modelovém území a z tohoto území vyjíždí (tzv. zdrojová doprava) anebo vzniká i končí mimo modelové území a modelovým územím pouze projíždí (tzv. tranzitní doprava).

Pro stanovení tranzitní dopravy byla využita data ze sčítání dopravy 2016, průzkumu silniční dopravy 2019 a ze směrového průzkumu, který byl proveden v roce 2017 v rámci zakázky Studie proveditelnosti pro zavedení nízkoemisní zóny ve městě Písku.

Zdrojová a cílová doprava byla modelována obecným gravitačním modelem, kde atraktivita pro tuto dopravu představovala součet dílčích atraktivit použitých pro jednotlivé účely cest (počty pracovních míst, údaje o nákupních a obchodních centrech a další), neboť u tohoto typu dopravy účel není znám.

Pro tvorbu matic externí a tranzitní veřejné hromadné dopravy byly využity odhady cestujících z počtu spojů a průměrné obsazenosti vozidel veřejné dopravy. Dále byla využita data z MHD v Písku. Průměrná obsazenost vlaků byla v roce 2018 v České republice 30%¹, přičemž průměrný počet osob v jednom osobním vlakovém spoji je cca 67 osob, v rychlíku 97 osob. Jako průměrná obsazenost autobusu byla využita hodnota 27 osob/spoj.

¹ http://www.ceskedrahy.cz/assets/pro-investory/financni-zpravy/vyrocní-zpravy/vyrocní-zprava_1.pdf

4 Kalibrace dopravního modelu

Dopravní model je založen na řadě obecných předpokladů, matematických funkcích a dostupných vstupních datech. Po dokončení tvorby modelu bude výsledkem vždy model, který je skutečnosti pouze blízký, jelikož zájmové území modelu je téměř vždy unikátní a dopravní poměry jsou proměnlivé v čase [6]. Kalibrace slouží jako kritické zhodnocení stavby modelu s cílem identifikovat jeho slabiny. V rámci procesu kalibrace se navrhuje úpravy proměnných nebo veličin tak, aby výsledky co nejvíce odpovídali realitě.

Kalibrace probíhala v několika iteracích, především se kalibrovali funkce dopravní poptávky. V první fázi byly funkce kalibrovány na data z průzkumu dopravního chování (viz kap. distribuce cest a volba dopravního prostředku). V další fázi bylo kontrolováno, zda data odpovídají intenzitám na komunikacích naměřených při průzkumech silniční dopravy.

Kalibrace dopravních intenzit

Kalibrace dopravních intenzit byla provedena pomocí funkce TFlowFuzzy. Celkem byla funkce využita na 25 profilů. Naměřené intenzity na profilech jsou z celkem tří zdrojů dat, přičemž jsou hodnoty přepočítány na hodnoty RPDl:

- Celostátní sčítání dopravy (2016)
- Profilový průzkum dopravy Písek (CDV, 2019)
- Směrový průzkum ve městě Písek (CDV, 2017)

Pro srovnání pozorovaných a modelovaných hodnot byla využita statistika GEH. Statistika zahrnuje jak relativní, tak absolutní chybu a je tedy vhodná pro vyjádření shody modelu a reality. Vztah určující výsledky statistiky GEH dle DMRB je [7]:

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

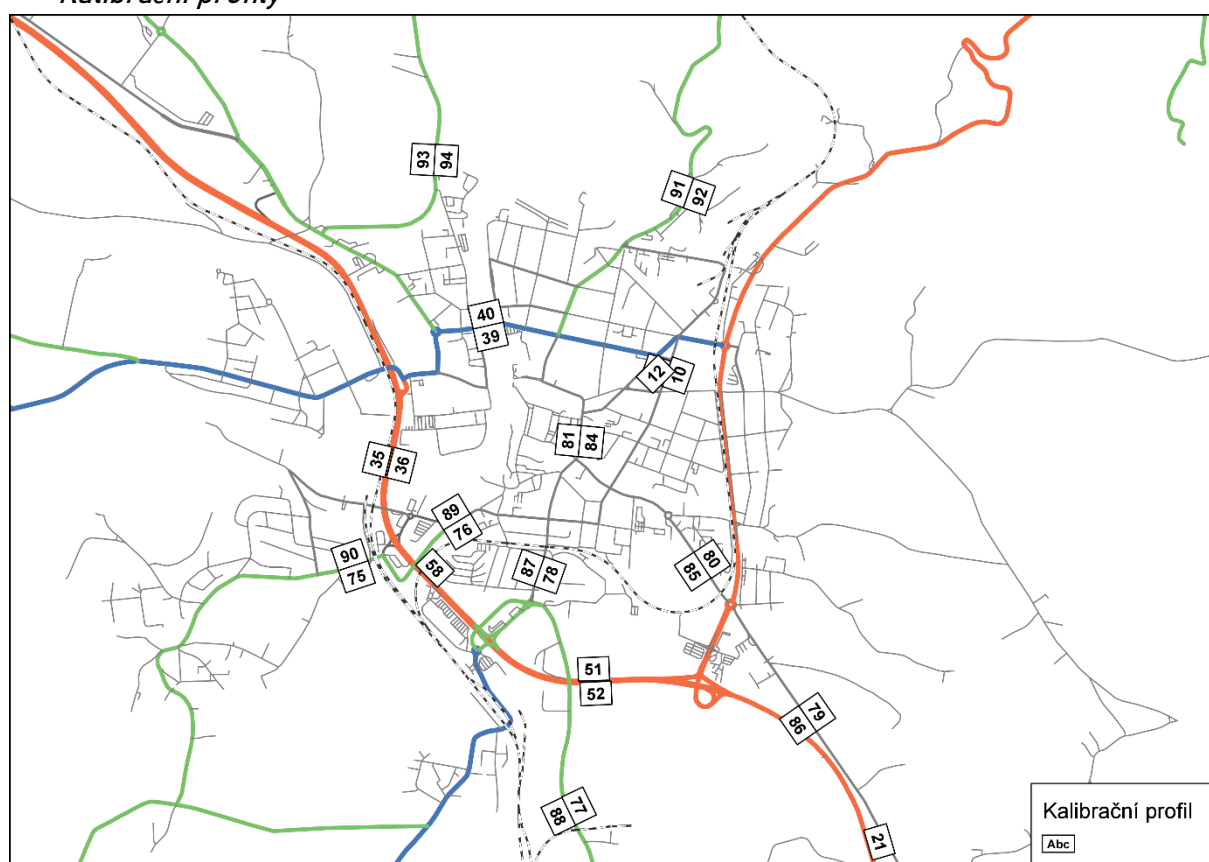
kde M je intenzita spočítaná v modelu a C je intenzita empiricky získaná v terénu.

Tab. 01 Srovnání kalibrovaných úseků před a po kalibraci

ČP	IAD (voz/24hod)		LND (voz/24hod)		TND (voz/24hod)		GEH IAD		GEH LND		GEH TND	
	před	po	před	po	před	po	před	po	před	po	před	po
1	2910	3900	220	200	280	230	4.6	3.9	5.9	6.5	4.4	2.8
21	6250	6390	690	640	780	830	6.7	7.6	1.4	0.5	2.8	3.6
33	5320	6010	360	400	260	240	1.9	2.6	0.4	0.5	4.6	4.0
34	4360	4730	190	250	110	100	8.9	6.1	5.7	3.6	1.2	1.5
35	9740	9610	970	840	1030	1130	0.0	0.6	2.6	0.5	1.2	0.3
36	10410	10270	1040	880	1030	1140	3.4	2.7	3.7	1.1	1.2	0.6
39	7930	6730	370	420	170	170	12.4	5.4	1.3	0.0	1.6	1.6
40	7260	6070	300	380	170	150	8.6	1.3	3.1	1.1	1.5	1.0
45	2700	3150	320	270	370	430	1.6	2.5	2.5	1.0	2.7	1.0
46	1650	2410	330	280	390	480	12.8	4.5	3.0	1.5	2.1	0.1
51	5750	6650	740	740	850	1030	6.1	0.5	0.6	0.5	2.7	0.2
52	6280	6970	710	720	810	970	2.8	1.5	1.2	1.0	3.3	0.7
58	7240	8750	790	730	810	980	13.6	5.1	0.4	1.5	4.7	1.9

75	2270	2750	90	100	10	10	3.0	1.8	2.7	2.3	6.1	5.9
77	690	780	60	60	10	20	0.3	1.9	1.2	1.4	4.1	3.8
79	510	810	20	20	50	50	6.4	0.6	2.1	2.2	0.1	0.4
80	2320	3270	250	170	120	160	8.2	0.9	4.8	1.9	2.5	0.9
81	3810	4470	250	200	10	10	12.8	7.7	3.3	1.8	1.6	1.7
84	1950	2450	110	110	40	40	0.8	4.5	2.5	2.2	2.3	2.4
85	2780	3620	270	180	140	180	10.7	3.3	3.6	0.6	3.4	1.9
86	660	870	10	10	50	50	2.2	1.8	3.2	3.4	0.3	0.6
88	670	730	50	50	10	10	0.5	1.6	1.7	1.9	4.7	4.5
90	2210	2360	80	90	10	10	0.6	0.9	2.3	2.1	6.1	5.9
91	560	610	40	40	40	40	1.8	0.6	0.3	0.2	1.3	1.3
92	560	620	40	40	40	30	2.1	0.9	0.3	0.2	1.7	1.0

Kalibrační profily



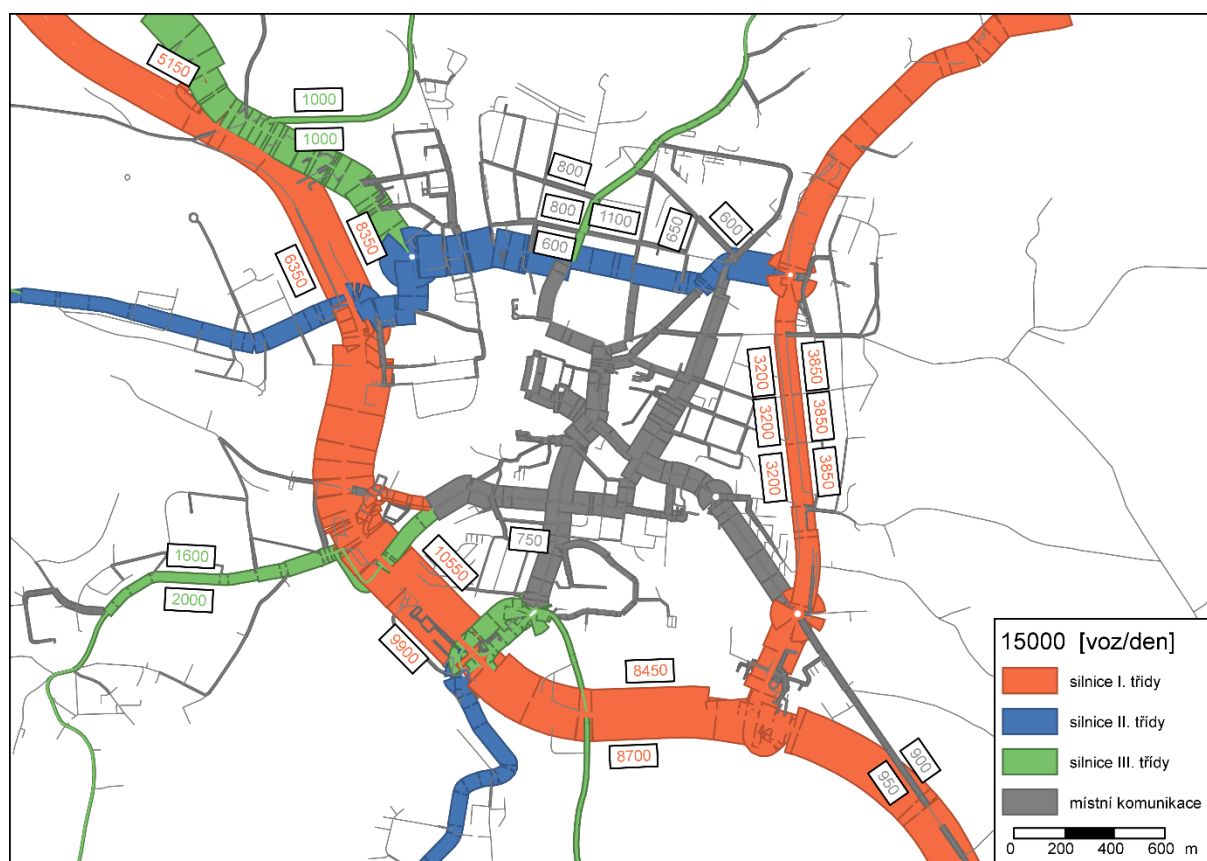
5 Dopravní zatížení – model současného stavu

Zatížení dopravní sítě je posledním krokem tzv. čtyřstupňového dopravního modelu. Matice přepravních vztahů, které vznikly předchozím modelováním, jsou pomocí konektorů přidělovány na síť.

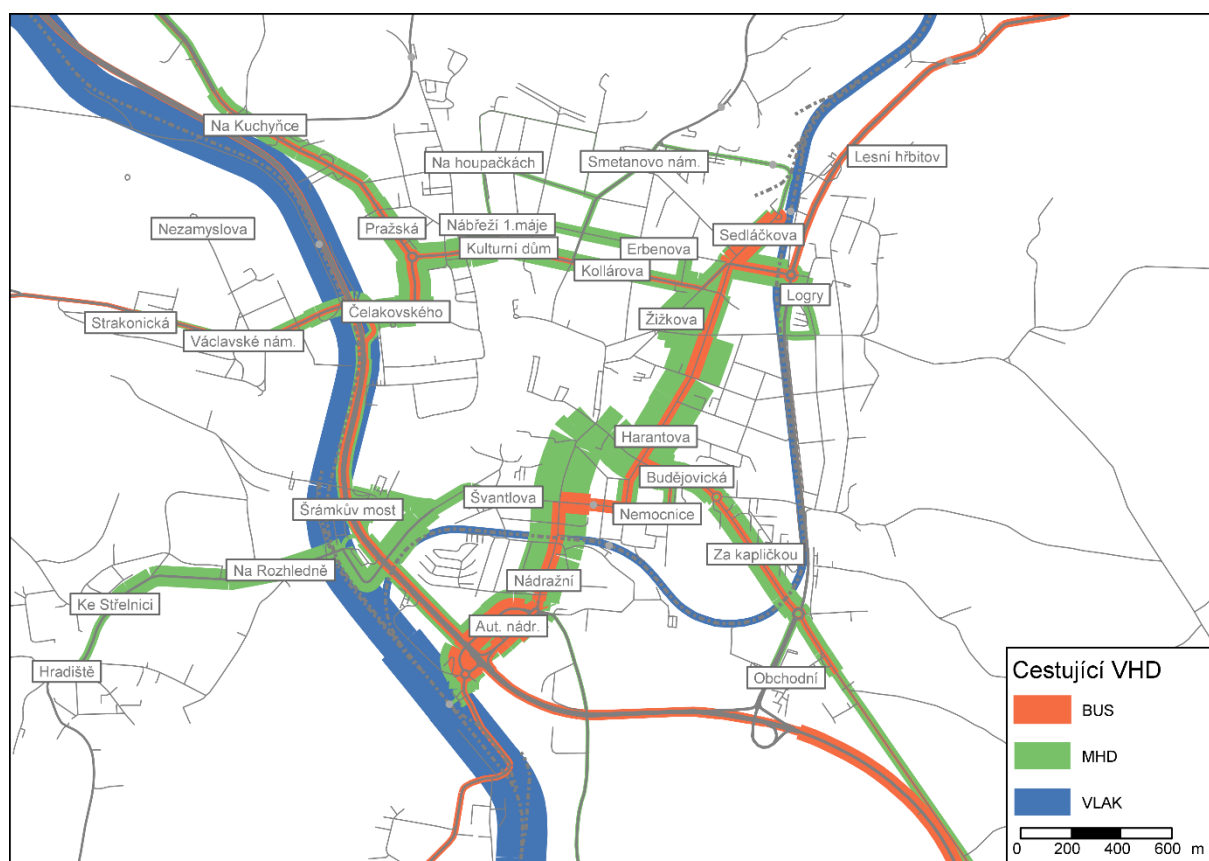
Pro zatížení silniční dopravy (IAD, LND, TND, kolo) bylo využito iterativní rovnovážné zatížení sítě (*Equilibrium Assignment*), kde každý účastník silničního provozu volí trasu tak, že cestovní doba na všech alternativních trasách je vyšší než zvolená trasa. Pro výpočet veřejné hromadné dopravy bylo využito procedury založené na jízdních řádech (*Timetable-based Procedure*).

Níže jsou náhledy zatížení sítě pro jednotlivé módy dopravy. V přílohách jsou pak detailnější mapy v menším měřítku.

Současný stav – 2019, intenzity dopravy za 24 hodin



Cestující ve veřejné dopravě

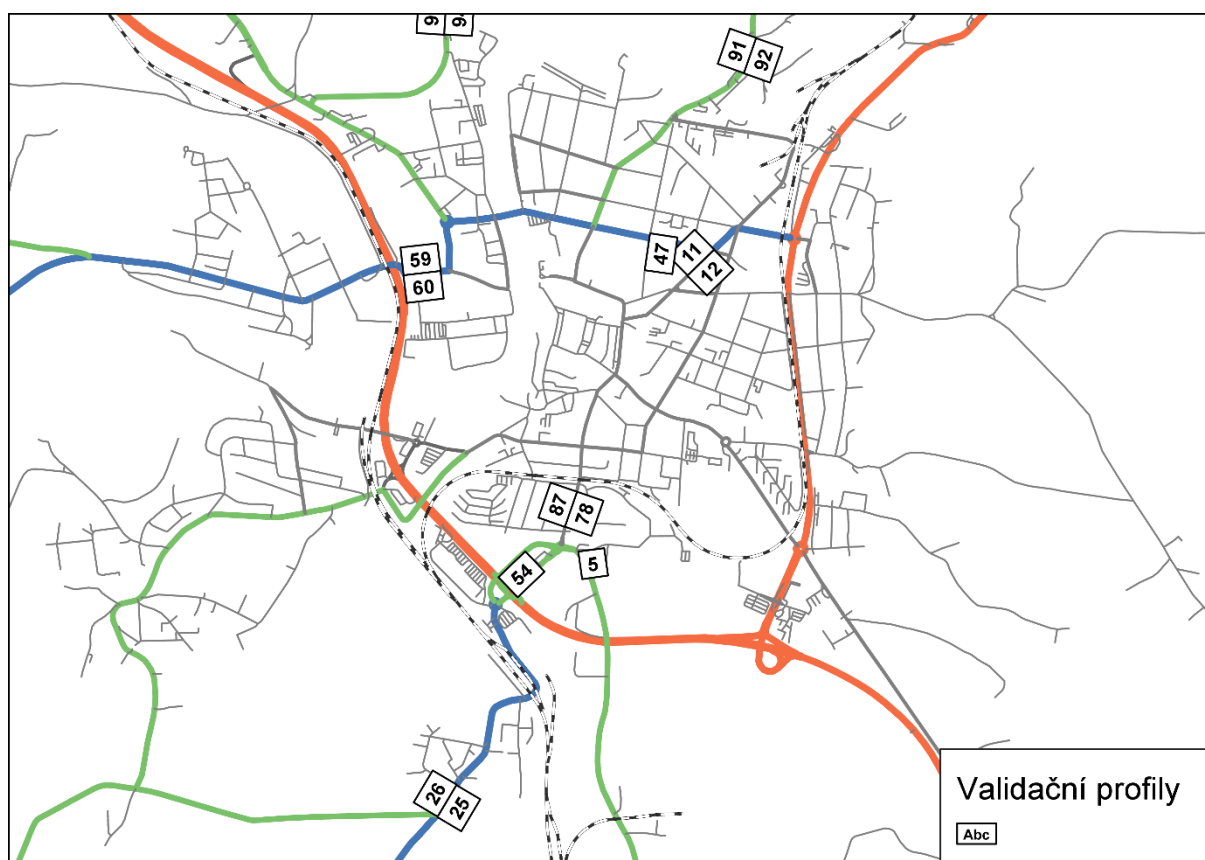


6 Validace dopravního modelu

Pro validaci dopravního modelu bylo využito 15 profilů, které nevstupovaly do procesu kalibrace. Naměřené intenzity na profilech jsou z celkem tří zdrojů dat, přičemž jsou hodnoty přepočítány na hodnoty RPDI:

- Celostátní sčítání dopravy (2016)
- Profilový průzkum dopravy Písek (CDV, 2019)
- Směrový průzkum ve městě Písek (CDV, 2017)

Validační profily



Tab. 02 Seznam validačních profilů

ČP	IAD			LND			TND		
	model	sčítání	GEH	model	sčítání	GEH	model	sčítání	
5	1430	870	8.3	70	130	3.2	50	20	2.1
11	1370	860	7.7	70	50	1.6	0	30	3.0
12	1060	1640	7.9	60	70	0.6	40	50	0.4
25	2170	1520	7.6	110	170	2.2	80	100	1.1
26	2350	1520	9.4	110	170	2.3	70	100	1.2
47	2580	2400	1.8	110	300	6.5	10	90	6.0
54	4730	4460	2.0	350	260	2.7	200	120	3.2
59	4890	4820	0.5	330	330	0.1	240	90	6.0
60	4420	4820	2.9	230	330	3.1	120	90	1.5
78	2990	4050	9.0	220	170	1.6	120	200	3.1

87	4280	4350	0.5	190	190	0.3	100	220	4.7
91	610	640	0.6	40	40	0.2	40	20	1.3
92	620	660	0.9	40	40	0.2	30	20	1.0
93	530	420	2.5	30	20	1.2	20	10	1.1
94	530	430	2.1	30	20	0.8	20	10	1.0

Seznam příloh

Příloha č. 1: Současný stav – 2019, intenzity dopravy za 24 hodin