

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
Katedra geomatiky



Potenciál interaktivního dopravního modelování pro územní plánování měst

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Petr Trnka

Plzeň, 2022

Vedoucí práce:

Ing. Karel Jedlička, Ph.D.
Katedra geomatiky
Fakulta aplikovaných věd
Západočeská univerzita v Plzni
Technická 8
301 00 Plzeň
Česká republika

Copyright © 2022 Petr Trnka

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr TRNKA**
Osobní číslo: **A20N0013P**
Studijní program: **N3602 Geomatika**
Studijní obor: **Geomatika**
Téma práce: **Potenciál interaktivního dopravního modelování pro územní plánování měst**
Zadávající katedra: **Katedra geomatiky**

Zásady pro vypracování

1. Rešerše přístupů dopravního modelování k možnosti využití v územním plánování.
2. Revize datových podkladů pro dopravní model včetně informací o územním plánu.
3. Tvorba a nasazení dopravního modelu do dopravního modeláře.
4. Návrh scénářů vhodných pro aplikaci v územním plánování.
5. Simulace navržených scénářů.


Rozsah diplomové práce: **cca 45 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

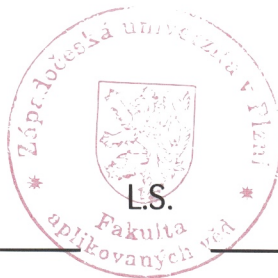
- BARTOŠ, L., MARTOLOS, J., 2012. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích, TP 189*. 2. vyd. Plzeň:EDIP s.r.o. 76 s. ISBN 978-80-87394-06-9
- JEDLIČKA, K., BERAN, D., MARTOLOS, J., KOLOVSKÝ, F., KEPKA, M., MILDORF, T., SHÁNĚL, J. *Traffic modelling for the smart city of Pilsen*. In: 8ICCGIS Proceedings VOL.1, 2020. 1, Chr. Smirnski Blvd. Sofia, Bulgaria, 2020: Bulgarian Cartographic Association, 2020. s. 510-520. ISSN 1314-0604
- MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR, 2019. *Standard vybraných částí územního plánu: Metodický pokyn*. 1. vyd. Praha:Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. 93 s. ISBN 978-80-7538-236-8

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Karel Jedlička, Ph.D.**
Katedra geomatiky

Datum zadání diplomové práce: **2. listopadu 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2022**



Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Karel Janečka, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací na téma „Potenciál interaktivního dopravního modelování pro územní plánování měst“ vypracoval samostatně. Veškeré zdroje, prameny a literaturu, z nichž jsem v práci čerpal, řádně cituji s uvedením odkazu na zdroj.

V Plzni

.....

Bc. Petr Trnka

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá možnostmi využití interaktivního dopravního modelování pro územní plánování měst. Text shrnuje v rámci teoretické části základní znalost v oblasti dopravních modelů a nástrojů územního plánování, které ovlivňují oblast dopravního modelování v rámci města. Hlavním přínosem práce jsou navržené dopravní scénáře v praktické části práce, které ukazují možné využití dopravního modeláře v rozhodovací praxi územního plánovače. Navržené scénáře byly realizovány ve webové aplikaci, kde jsou k dispozici ke zhlédnutí. V práci je uveden kompletní postup od úpravy dopravního modelu po jeho vizualizace ve webové aplikaci. Výhody a nevýhody provedeného postupu včetně návrhů na jeho vylepšení jsou shrnuty v diskuzi k dosaženým výsledkům.

Klíčová slova

dopravní modelování, územní plánování, dopravní scénář, editace dopravního modelu, webová mapová aplikace, TraMod

Abstract

This thesis explores the possibilities of using interactive traffic modelling for urban planning. The text summarizes, within the theoretical part, the basic knowledge in the field of traffic models and urban planning tools that affect the field of traffic modelling within the city. The main contribution of the thesis is the proposed traffic scenarios in the practical part of the thesis, which show the possible use of the traffic modeller in the decision-making practice of the urban planner. The proposed scenarios have been implemented in a web application where they are available for viewing and handling. The complete procedure from the modification of the traffic model to its visualization in the web application is presented in the thesis. The advantages and disadvantages of the performed procedure, including suggestions for its improvement, are summarized in the discussion of the results.

Keywords

traffic modelling, urban planning, traffic scenario, traffic model editing, web map application, TraMod

Poděkování

Moje poděkování patří v první řadě vedoucímu diplomové práce Ing. Karlu Jedličkovi, Ph.D. za vedení práce, věcné připomínky, cenné informace, vstřícnost při konzultacích a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janu Martolosevi Ph.D. a Ing. Janu Šťastnému z firmy EDIP s.r.o. za poskytnutí dat a vstřícnost při konzultacích. Mé poděkování patří i Ing. et Ing. Janu Ruckému za možnost konzultovat. Na závěr bych rád poděkoval i svojí rodině za podporu při studiu a tvorbě této práce.

„PERFER ET OBURA, DOLOR HIC TIBI PRODERIT OLIM.“

PUBLIUS OVIDIUS NASO

Obsah

Úvod	1
1 Vybrané aspekty územního plánování ve vztahu k dopravnímu modelování	3
1.1 Úvod do dopravního modelování	3
1.1.1 Definice dopravního modelu	4
1.1.2 Typy dopravních modelů	5
1.1.3 Kroky tvorby dopravních modelů	8
1.2 Úvod do územního plánování	19
1.2.1 Definice územního plánování	19
1.2.2 Cíle a úkoly územního plánování	19
1.2.3 Nástroje územního plánování	20
1.2.4 Nový stavební zákon	27
1.3 Vazby územního plánování a dopravního modelování	30
1.3.1 Význam územního plánování v dopravě	30
1.3.2 Vazby nástrojů územního plánování k dopravnímu modelování	32
1.3.3 Vliv dopravy na územní plánování	35
2 Příprava dopravního modelu pro tvorbu dopravních scénářů	37
2.1 Volba vzorového města	38
2.2 Základní informace o městu Klatovy	38
2.2.1 Rešerše podkladů pro přípravu dopravního modelu a scénářů	39
2.3 Základní dopravní model	40
2.4 Editace základního dopravního modelu	42
2.4.1 Editace nesouladu dopravního modelu a reality	42
2.4.2 Kontrola a úprava topologie	45
2.4.3 Editace matice přepravních vztahů	46
2.5 Traffic Modeller	47
2.5.1 Datová struktura modelu v TraMod	48

2.5.2	Úprava dopravního modelu do struktury TraMod	49
2.5.3	Vizualizace ve webové aplikaci TraMod	52
2.6	Posouzení míry shody dopravního modelu a reality statistickým nástrojem	54
3	Praktická ukázka dopravního modeláře v územním plánování	59
3.1	Podklady pro námět dopravního scénáře	59
3.2	Editace dopravního modelu v dopravním modeláři	60
3.3	Scénář č. 1 - Rezidenční čtvrť	62
3.4	Scénář č. 2 - Východní obchvat města	66
3.4.1	Varianta bez zklidnění Plzeňské ulice	68
3.4.2	Varianta se zklidněním Plzeňské ulice	70
3.5	Scénář č. 3 - Dopravní komplikace – nehoda	73
4	Dosažené výsledky dopravních scénářů	75
4.1	Rezidenční čtvrť	76
4.2	Východní obchvat města	79
4.2.1	Varianta bez zklidnění Plzeňské ulice	79
4.2.2	Varianta se zklidněním Plzeňské ulice	82
4.3	Dopravní komplikace – nehoda	84
5	Diskuze	87
5.1	Diskuze nad výsledky dopravních scénářů	87
5.2	Výhody a limity dopravního modelu a návrh jejich vylepšení	88
5.3	Výhody a limity TraMod a návrh jejich vylepšení	89
5.4	Další návrhy vylepšení	90
5.5	Závěrečné shrnutí	91
Závěr		93
Seznam odborné literatury		95
Seznam použité literatury		95
Seznam použitých internetových zdrojů		98
Seznam použitých právních předpisů		99
A	Obsah přiloženého nosiče	101
B	Popis použitých atributů ze základního modelu	103
C	Datová struktura TraMod	105
D	Data pro výpočet GEH statistiky	111

Seznam zkratek

ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
ČSÚ	Český statistický úřad
EU	Evropská unie
FCD	Floating car data
GIS	Geografický informační systém
GEH	Statistický ukazatel pojmenovaný podle Geoffrey E. Haversa
IAD	Individuální automobilová doprava
IT	Informační technologie
Ministerstvo	Ministerstvo pro místní rozvoj
NUTS	Nomenklatura územních statistických jednotek
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OSM	OpenStreetMap
OSN	Organizace spojených národů
ORP	Obec s rozšířenou působností
PASK	Politika architektury a stavební kultury České republiky
PÚR	Politika územního rozvoje
RP	Regulační plán
RPDI	Roční průměr denních intenzit
RZV	Plochy s rozdílným způsobem využití
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SŘBD	Systém řízení báze dat
StavZ	Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
StavZ 2021	Zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon
SW	Software
TP	Technické podmínky
TPDI	Týdenní průměr denních intenzit
TraMod	Traffic Modeller

ÚP	Územní plán
ÚAP	Územně analytické podklady
ÚPD	Územně plánovací dokumentace
ÚPP	Územně plánovací podklady
ÚS	Územní studie
VHD	Veřejná hromadná doprava
WCED	Světová komise Organizace spojených národů pro životní prostředí a rozvoj
WGS84	World Geodetic System 1984
ZÚR	Zásady územního rozvoje

Seznam obrázků

1.1	Schéma tvorby dopravního modelu [8, s. 23]	9
1.2	Kroky čtyřstupňového modelu [8, s. 43]	13
1.3	Nástroje územního plánování. Zpracováno dle StavZ 2021 [21].	21
1.4	Hierarchické členění nástrojů územního plánování. Zpracováno dle [27].	22
1.5	Ilustrační schéma vazeb PÚR ČR [28, s. 9]	23
1.6	Hlukové hladiny v městské zástavbě	35
1.7	Mapa dopravních nehod od 1. 8. 2017 do 1. 8. 2022 – bez zranění, lehké zranění, těžké zranění, smrtelné zranění [42]	36
2.1	Vizualizace základního dopravního modelu – silniční síť a generátory dopravy.	41
2.2	Oprava obousměrného úseku na jednosměrný. a) původní stav, b) editovaný stav	43
2.3	Přidání nového úseku. a) původní stav, b) editovaný stav	44
2.4	Odstranění účelové komunikace. a) skutečný stav, b) základní dopravní model, c) editovaný dopravní model	44
2.5	Odstranění neexistujícího úseku z dopravního modelu. a) skutečný stav, b) základní dopravní model, c) editovaný dopravní model	45
2.6	Editace tvaru geometrie silniční sítě v centru města – původní dopravní síť a nová dopravní síť.	46
2.7	Postup zpracování dat v TraMod [45]	47
2.8	Grafické schéma TraMod – tabulka Node, Zone, Edge a Turn_restriction	49
2.9	Grafické schéma TraMod – tabulka Zone a ODM	49
2.10	Stupeň dopravy	52
2.11	Ukázka dopravní události ve webové aplikaci TraMod. a) přidání nového generátoru, b) editace rychlosti v úseku	53
2.12	Ukázka vizualizace ve webové aplikaci TraMod. a) výchozí dopravní model, b) dopravní model s dopravním scénářem, c) diferenční dopravní mapa	54
2.13	Poloha stanovišť	56
3.1	Příklady editace v dopravním modeláři. a) kostková dlažba, b) stojící auta na okraji silnice, c) změna rychlosti v úseku	61

3.2	Ukázka editace úseků se zaparkovanými auty na krajnici	62
3.3	Dopravní řešení zájmové oblasti [49, s. 51]	63
3.4	Nastavení dopravního scénáře – Nová rezidenční čtvrť. a) původní stav, b) výsledek dopravního scénáře	64
3.5	Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Nová rezidenční čtvrť v odpolední špičkové hodině (15 – 16 h)	66
3.6	Vizualizace plánovaného východního obchvatu města Klatov [52]	67
3.7	Nastavení dopravního scénáře – Východní obchvat města bez zklidnění Plzeňské ulice. a) původní stav, b) výsledek dopravního scénáře	68
3.8	Východní obchvat města – přidání nového silničního úseku	69
3.9	Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Východní obchvat města bez zklidnění Plzeňské ulice v odpolední špičkové hodině (15 – 16 h)	70
3.10	Nastavení dopravního scénáře – Východní obchvat města se zklidněním Plzeňské ulice. a) původní stav, b) výsledek dopravního scénáře	71
3.11	Zklidnění Plzeňské ulice – a) skutečný stav, b) editace kapacity a rychlosti silničních úseků	71
3.12	Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Východní obchvat města se zklidněním Plzeňské ulice v odpolední špičkové hodině (15 – 16 h)	72
3.13	Nastavení dopravního scénáře – dopravní nehoda kamionu pod železničním mostem. a) původní stav, b) výsledek dopravního scénáře	73
3.14	Realizace uzavírky silnice – a) skutečný stav železničního mostu, b) uzavření silničních úseků	74
3.15	Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Východní obchvat města se zklidněním Plzeňské ulice v odpolední špičkové hodině (15 – 16 h)	74
4.1	Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Nová rezidenční čtvrť v odpolední špičkové hodině	77
4.2	Diferenční mapa dopravního scénáře – Nová rezidenční čtvrť v odpolední špičkové hodině	78
4.3	Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Východní obchvat města v odpolední špičkové hodině (bez zklidnění Plzeňské ulice)	79
4.4	Diferenční mapa dopravního scénáře – Východní obchvat města v odpolední špičkové hodině (bez zklidnění Plzeňské ulice)	80
4.5	Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Východní obchvat města v odpolední špičkové hodině (bez zklidnění Plzeňské ulice)	83
4.6	Diferenční mapa dopravního scénáře – Východní obchvat města v odpolední špičkové hodině (po zklidnění Plzeňské ulice)	83
4.7	Diferenční mapa zklidnění Plzeňské ulice v odpolední špičkové hodině	84
4.8	Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Dopravní nehoda v odpolední špičkové hodině	85
4.9	Diferenční mapa dopravního scénáře – Dopravní nehoda v odpolední špičkové hodině	86

C.1 Grafické schéma TraMod – tabulka Node, Zone, Edge a Turn_restriction . . .	108
C.2 Grafické schéma TraMod – tabulka Zone a ODM	109

Seznam tabulek

2.1	Sloučení typů motorových vozidel do kategorií v základním dopravním modelu	42
2.2	Kritéria hodnocení modelu – přejato z [48, s. 20]	55
2.3	Srovnání GEH statistiky pro vybraná stanoviště. $g_{GEH} < 5$, $5 \leq g_{GEH} < 10$, $g_{GEH} \geq 10$.	57
2.4	Shrnutí výsledků pro vybraná stanoviště	58
4.1	Hodnoty hodinové intenzity dopravy pro vybrané silniční úseky v odpolední špičkové hodině	78
4.2	Hodnoty RPDÍ pro vybrané silniční úseky v odpolední špičkové hodině	78
4.3	Porovnání hodnot RPDÍ pro stanoviště v Plzeňské ulici ve směru do centra	81
4.4	Porovnání hodnot RPDÍ pro stanoviště v Plzeňské ulici ve směru z centra	82
4.5	Porovnání hodnot RPDÍ po zklidnění Plzeňské ulice	82
B.1	Popis použitých atributů základního dopravního modelu	103
C.1	Popis tabulky Node	105
C.2	Popis tabulky Zone	105
C.3	Popis tabulky Edge	106
C.4	Popis atributů tabulky ODM	107
C.5	Popis tabulky Turn_restriction	107
D.1	GEH statistika pro stanoviště v Domažlické ulici	111
D.2	GEH statistika pro stanoviště v Plzeňské ulici	112
D.3	GEH statistika pro stanoviště v Koldinově ulici	113
D.4	GEH statistika pro stanoviště v Puškinově ulici	114
D.5	GEH statistika pro stanoviště v ulici 5. května	115

Úvod

Během posledních padesáti let došlo k výrazné změně způsobu života. Společnost stále více přechází na městský způsob života, v dnešní době žije již většina obyvatelstva světa v urbanizovaných oblastech. [1] Tyto oblasti se vyznačují vyšší vzdělaností obyvatelstva, lepší lékařskou péčí, ale také potřebou rozsáhlé a efektivní dopravní infrastruktury pro ekonomický rozvoj oblasti. [2, s. 10] Zvyšování počtu obyvatel v těchto oblastech má za následek mnoho negativních aspektů. Častými problémy bývají dopravní zácpy, dopravní nehody či špatné ovzduší. Řešením těchto problémů bývá výstavba kapacitnější dopravní infrastruktury, která má ale za následek značný zábor půdy. Není tedy překvapením, že se veřejné správy měst snaží hledat řešení, která by dokázala minimalizovat tyto negativní dopady. Do popředí se dostávají nástroje, které umožňují navrhnout optimální dopravně-inženýrské řešení. Nevýhodou těchto nástrojů bývá v některých případech zaměření výstupů pouze pro dopravní inženýry. Současným trendem je snaha tato řešení předkládat veřejnosti k diskusi. Z tohoto důvodu je žádoucí používat interpretační nástroj, jehož pochopení je pro veřejnost jednoduché. Problémem současných dostupných nástrojů bývá jejich nezohledňování dynamičnosti dopravy, která není konstantní, ale mění se v průběhu dne na základě daných zvyklostí.

Motivací k sepsání této práce možnost otestovat interaktivní nástroj pro simulaci navržených dopravních scénářů. Kromě uvedeného hrála roli osobní motivace, neboť autor práce mohl využít osobní znalosti problematiky vybraného města pro tvorbu dopravních scénářů.

Cílem této práce je ověřit, že vybrané úlohy územního plánování lze modelovat nástrojem TraMod, tedy ukázat potenciál využití interaktivního dopravního modelování pro územní plánování měst. Realizace probíhá na základě návrhu a simulace několika typů dopravních scénářů. První část práce obsahuje teoretický úvod problematiky dopravního modelování a územního plánování. Problematika úpravy dopravního modelu je popsána v kapitole 2. Třetí kapitola se věnuje navrženým dopravním scénářům, popisuje jejich základ a vizualizaci výsledků. Dosažené výsledky jsou zhodnoceny ve čtvrté kapitole, na kterou navazuje diskuze o vhodnosti použití nástroje TraMod a jeho možných budoucích rozšíření.

Vybrané aspekty územního plánování ve vztahu k dopravnímu modelování

Tato diplomová práce si klade za cíl ukázat potenciál interaktivního dopravního modelování pro územní plánování konkrétního města. Tento cíl je realizován ve webovém nástroji, v němž je testována jeho vhodnost pro různé typy dopravních scénářů. Z tohoto důvodu je důležité nastínit základní principy dopravního inženýrství, zejména pak problematiku dopravního modelování. Cílem práce není postihnout celou oblast dopravního modelování, ale definovat základní poznatky a principy pro jeho pochopení. Druhá část kapitoly se věnuje oblasti územního plánování. V úvodu této části jsou nejprve definovány cíle a úkoly územního plánování, poté jsou popsány nástroje územního plánování, které mají vliv na rozhodování v místní úrovni. Poslední část kapitoly pak nastiňuje vzájemné ovlivnění obou oblastí rozebíraných v první dvou částech.

1.1 Úvod do dopravního modelování

V úvodu první části této kapitoly je důležité zmínit, že cílem není objasnit celou oblast dopravního inženýrství, případně dopravního modelování, ale pouze vybraných částí tvorby dopravních modelů.

Svět, včetně dopravy, prošel v posledních padesáti letech rychlou změnou. I přesto, že došlo k mohutnému rozvoji dopravní infrastruktury, stále se potýkáme se stejnými problémy jako v minulosti. Mezi ně se řadí například dopravní zácpy, znečištění způsobené emisemi výfukových plynů, dopravní nehody či špatná dopravní dostupnost. Společnost postupně prošla transformací, která způsobila potřebu řešit staré problémy, které se znovu objevují v jiných podobách (např. rychlá urbanizace, vysoká poptávka po veřejné dopravě), za pomoci stále sofistikovanějších řešení. [3, s. 1]

V současné době nám mohutný rozvoj informačních technologií přináší nové koncepce dopravní infrastruktury: elektronické mýtné, automatizace řízení vozidel apod. Zároveň rozvoj na poli elektronického průmyslu (postupné zvyšování výkonu výpočetní techniky a zároveň její zlevňování) mění způsob poskytování informací, než tomu bylo v minulém století. V roce 2022 počet chytrých mobilů s polohovými službami (GPS ad.) přesáhl 6,3 miliardy. Tato zařízení poskytují velké množství důležitých informací pro cestující i potenciální použití v dopravním modelování. Nyní se vzhledem k uvedeným skutečnostem přesouvá limitace v oblasti dopravního modelování směrem k lidským zdrojům a modelovacím technikám (softwarové implementaci). Druhým trendem dnešní doby je globalizace, jejíž důsledkem je daleko větší pozornost na kvalitu dopravní infrastruktury, která je důležitým aspektem hospodářské konkurenceschopnosti. [3, s. 1]

Od poloviny 50. let 20. století dochází k významnému technickému rozvoji v oblasti dopravního modelování. V této době došlo k vývoji čtyřstupňového dopravního modelu, který se postupně vyvinul z předchozích modelů založených na entropii a gravitaci. Současně si urbanisté uvědomovali složité interakce mezi dopravní sítí a ostatními složkami dopravního systému. Dopravní systém je nejvíce ovlivněn přírodními, ekonomickými a politickými podmínkami. Dalším faktorem jsou demografické procesy, které jsou nezávislé na dopravním systému a ovlivňují způsob využití území a také poptávku po dopravě. Posledním faktorem, který stál dlouhou dobu na okraji zájmu a byl považován za vnější prvek systému využití půdy a dopravy, je životní prostředí v podobě emisí a spotřeby energie. [4, s. 2]

Na základě tohoto poznání iniciovali urbanisté v 50. a 60. letech 20. století vývoj integrovaných modelů využití území a dopravy. Jedním z prvních modelů tohoto druhu byl Lowryho model Metropolis z roku 1964. [5] Vývoj těchto modelů dále pokračoval ke komplexním ekonomickým modelům tržních procesů, zatímco čtyřstupňový model pokračoval v oblasti dopravního modelování. [4, s. 3]

1.1.1 Definice dopravního modelu

Model lze chápat jako zjednodušenou reprezentaci, která slouží ke zkoumání a vysvětlení některých aspektů reality a z hlediska svého účelu zachovává podstatné rysy originálu. [6] [7]

Dopravní model je možné definovat jako matematický model, který replikuje zájmový systém a jeho chování pomocí matematických rovnic založených na teoretických tvrzeních. [3, s. 2] Další z definic označuje dopravní model jako zjednodušenou reprezentaci části reálného světa, která umožňuje systematické zobrazení vývoje a změn dopravy v reakci na vývoj vstupních předpokladů modelu. [8, s. 14] Třetí možná definice označuje dopravní model jako představitele systematického znázornění komplexního reálného systému dopravy a využití území v jeho existující podobě. [9]

Hlavním cílem tvorby dopravního modelu je analýza současných vztahů (problémů) a predikce budoucího stavu. Budoucí stav může být tvořen tzv. referenčním (nulovým) scénářem

nebo scénářem, který simuluje stav po zavedení určitého opatření. Dopravní model umí predikovat vývoj dopravní poptávky a intenzity v dopravní síti v závislosti na změně vstupních parametrů.

Dopravní model se skládá ze tří základních prvků: dopravní poptávky, dopravní nabídky a tzv. generalizovaných nákladů. Dopravní poptávkou se rozumí cestování obyvatel za účelem uspokojení potřeby (cesta do práce, školy, obchodu apod.). Tyto cesty se liší podle různých skupin obyvatelstva, proto mohou dopravní modely obsahovat více poptávkových matic. Pro správné pochopení dopravní poptávky je důležité porozumět, jakým způsobem jsou lidské činnosti rozloženy v prostoru. Nejběžnějším přístupem zpracování prostoru je rozdělení studovaných oblastí do jednotlivých zón. Pro každou zónu jsou definovány zdroje a cíle dopravy, mezi zónami je vytvořena dopravní síť. Dopravní poptávka je v modelu reprezentována maticí přepravních vztahů (dále „OD matice“), která určuje počet cest z dopravních zdrojů do dopravních cílů. [3, s. 3]

Dopravní nabídkou je myšlena dostupná dopravní infrastruktura. V dopravním modelu je tato infrastruktura reprezentována dopravní sítí. Tato síť obsahuje dopravně inženýrské charakteristiky jednotlivých segmentů sítě a křižovatek. Podle [3] je charakteristickým rysem dopravní nabídky, že se jedná o službu, nikoliv o zboží. Dopravní nabídka musí být spotřebována v okamžiku a na místě, kde byla vytvořena, jinak se její přínos ztrácí.

Třetím klíčovým prvkem jsou generalizované náklady neboli přepravní náklady a přepravní čas. V modelu se s těmito veličinami pracuje pomocí zonálních matic. Aby bylo možné dále pracovat s přepravními náklady, je nutné je převést na jednotku času. [8, s. 14]

1.1.2 Typy dopravních modelů

Na počátku tvorby dopravního modelu je vždy stojí klíčová otázka, pro jaký účel je daný model tvořen. Na základě toho lze rozlišit dopravní modely do několika kategorií. Konkrétní dělení se v odborné literatuře mírně liší. Autoři [10] a [11] se shodují na dělení do tří základních typů dopravních modelů:

- makroskopické,
- mikroskopické,
- mezoskopické. [10, s. 1] [11, s. 1]

Naopak [8] uvádí dělení podle několika vlastností:

1. podle rozsahu území,
2. podle počtu modelovaných dopravních módů,
3. podle času,

4. podle přístupu k modelování denních aktivit. [8] s. 17]

Dělení podle rozsahu území odpovídá výše zmíněnému základnímu, ale navíc ho rozšiřuje o hybridní a nanoskopické modely. V praxi zpravidla dochází ke kombinaci jednotlivých typů modelů, zvolená kombinace pak zohledňuje účel, pro který je model nejvhodnější.

*Pozn.: V následujících odstavcích jsou stručně rozvedeny jednotlivé typy dopravních modelů podle výše zmíněných vlastností. Typy, které odpovídají použitému dopravnímu modelu v praktické části práce jsou označeny **tučně**.*

Rozdělení podle rozsahu území

Makroskopické modely se využívají pro velké územní celky s rozsáhlou komunikační sítí, na které je modelována zejména intenzita dopravního proudu. Obecně se tento typ používá jako hodnocení opatření v rámci strategických dokumentů (např. generel dopravy) díky jejich predikční schopnosti. Většinou se jedná o modely s nižší úrovní detailu. Použití je vhodné pro velké územní celky, od měst a regionů po celé státy.

Mikroskopické modely se zaměřují na chování každého jednotlivého vozidla (tj. chování řidiče), případně na vzájemné ovlivňování s ostatními vozidly v dopravním proudu. Zásadním předpokladem pro tvorbu tohoto modelu jsou kvalitní podklady na detailní prostorové úrovni. Je zapotřebí v této úrovni podrobnosti uvažovat i o rozměrech vozidel, jejich hmotnosti, zrychlení či maximální rychlosti. Z hlediska infrastruktury je pak nutné uvažovat nad propustností křižovatek či maximální délce kolon. Obecně jsou tyto modely vhodné pro posuzování návrhu infrastrukturního opatření v dané lokalitě (např. křižovatka).

Mezoskopické modely kombinují prvky makroskopických i mikroskopických modelů. Na jedné straně zpracovávají detailně řešené území, zabývají se zpožděním při průjezdech křižovatek, na straně druhé neřeší vzájemné ovlivňování vozidel v dopravním proudu. Podobně jako makroskopické modely poskytují údaje o intenzitě dopravních proudů a přepravních vztazích. Mezoskopické modely jsou vhodné pro menší územní celky na úrovni měst. Jejich využití by mělo vycházet zejména z požadavků na vyšší realističnost dopravních toků. [8] s. 17, 18]

Rozdělení podle počtu modelovaných dopravních módů

- unimodální,
- multimodální.

Unimodální model posuzuje pouze jeden dopravní mód. Jako unimodální jsou v současné době řešeny především modely silniční dopravy nebo modely veřejné hromadné dopravy (dále „VHD“). Obecně je zpracování takového modelu jednodušší zejména z důvodu

absence rozhodovacího algoritmu pro volbu dopravního prostředku. Model umožňuje především simulaci změny trasování/směrnosti dopravních intenzit na dopravní síti včetně odhadu dopravních zátěží. Vzhledem k absenci modelu volby dopravního prostředku je však možné predikovat velikost dopravní poptávky pouze omezeným způsobem. Unimodální model často postrádá i model vzniku a distribuce cest, proto by měl být založen na rozsáhlých empirických datech (OD matice z dopravních průzkumů). V praxi to znamená, že zvláště modely VHD a silniční dopravy nemohou být predikční z hlediska střednědobého nebo dlouhodobého horizontu. [8, s. 18]

Multimodální modely posuzují více než jeden dopravní mód a zachycují tak změny dopravní poptávky v důsledku konkurence jednotlivých dopravních módů. Typickým příkladem jsou modely nákladní dopravy, které kromě silniční dopravy modelují i dopravu železniční nebo vodní. Dalším příkladem jsou modely dopravy ve městě, kde se obyvatelé rozhodují mezi automobilovou dopravou, městskou hromadnou dopravou, chůzí či jízdou na kole. [8, s. 18]

Rozdělení podle času

- statické,
- dynamické.

Statické modely počítají dopravní objemy (intenzity) za předem stanovený časový interval (např. pro dopravní špičku, celý den apod.), přičemž není uvažována změna v čase. Výsledkem statického modelu jsou modelové dopravní intenzity na síti ve formě pentlogramů (kartodiagramu).

Dynamické modely se naopak v čase vyvíjejí a některé jejich vlastnosti se mohou v čase měnit. Používají se pro analýzy jevů, které se mění v krátkých časových intervalech. Příkladem může být dopravní model zohledňující denní variace dopravy, čímž poskytuje údaje o dopravních zátěžích a přepravních proudech pro různé denní doby. Základním rozdílem oproti statickým modelům je, že do modelu vstupuje tzv. hustota dopravy, tedy počet vozidel na 1 km silnice. Z tohoto důvodu dynamické modely lépe simulují dopravní kongesce a jsou vhodné pro stanovení i predikci problematických lokalit. Výsledkem dynamického modelu jsou modelové dopravní intenzity ve formě animací vozidel nebo v některých případech ve formě pentlogramů. [8, s. 19]

Rozdělení podle přístupu k modelování denních aktivit

Klíčový aspekt dopravních modelů zaměřených na osobní dopravu je simulace průběhu denních aktivit. Modelování dopravní poptávky v osobní dopravě spočívá ve vytváření realistických simulací cestování za každodenními aktivitami. Při modelování každodenních aktivit se rozlišují tři základní přístupy:

- **Trip-based** přístup,
- Tour-based přístup,
- Activity-based přístup. [12, s. 19]

Tyto přístupy se od sebe odlišují zejména způsobem, kterým pracují s aktivitou jako analytickou jednotkou.

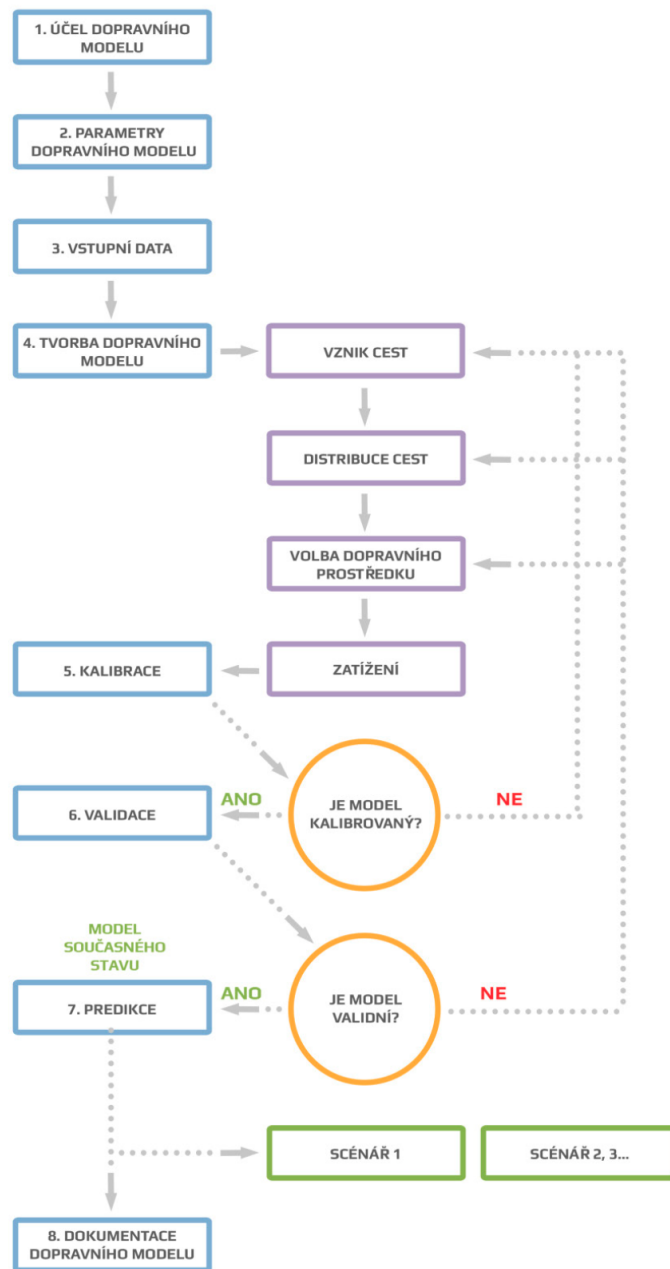
Trip-based přístup uvažuje jako základní analytickou jednotku cestu (trip) a modeluje aktivity v průběhu dne jako jednosměrné cesty mezi zdroji a cíli, které jsou vzájemně nezávislé z hlediska pořadí i času. Trip-based modely jsou současně nejčastěji využívané, a to především z důvodu dostupnosti dat.

Tour-based přístup uvažuje jako základní analytickou jednotku řetězec cest (tour) a modeluje aktivity v průběhu dne jako řetězce cest, které na sebe chronologicky navazují. Soubor aktivit v průběhu dne může být rozdělen do několika řetězců, které jsou však už navzájem nezávislé z hlediska pořadí i času.

Activity-based přístup považuje za základní analytické jednotky jednotlivé aktivity, ze kterých se modelují rozvrhy denních aktivit (activity schedule). Jedná se o komplexní přístup k modelování denních aktivit, jelikož parametrem každé aktivity je počáteční a koncový čas, doba, lokalizace a podmínky v souvislosti s historií cesty v rámci dne (např. použitý dopravní prostředek). Ze všech tří přístupů se jedná o nejméně rozšířený způsob simulace dopravní poptávky. [8, s. 20]

1.1.3 Kroky tvorby dopravních modelů

Tvorba dopravního modelu se skládá z několika dílčích kroků, které na sebe navazují. Obrázek [1.1] zobrazuje schéma tvorby modelu od definice účelu až po predikci.



Obrázek 1.1: Schéma tvorby dopravního modelu [8, s. 23]

V následujících odstavcích jsou postupně představeny kroky, které jsou zásadní při tvorbě dopravního modelu. Přestože se tato práce nevěnuje tvorbě dopravního modelu, tak je důležité představit tento postup z hlediska pochopení činností, které v praktické části ovlivňují další zpracování. Druhým důvodem pro uvedení následujících odstavců je zasazení problematiky do širšího kontextu.

Účel a parametry dopravního modelu

Před samotným začátkem modelování je nutné stanovit, pro jaký účel má být dopravní model vytvořen. S tím také souvisí, jaké budou požadavky na výstupy z modelu. Podle požadavků jsou definovány vstupní parametry modelu, které jsou výsledkem dohody uživatele modelu s tvůrci. Definice účelu a stanovení parametrů mohou praxi probíhat paralelně, případně se mohou i opakovat.

Dopravní modely bývají v mnoha případech tvořeny pro více účelů zároveň, mohou tedy být použity i pro další činnosti. Zároveň není možné vytvořit dopravní model, který by zachycoval všechny vztahy, ať už z důvodu vysoké úrovně podrobnosti nebo navržené struktury.

Mezi nejčastější účely makroskopických dopravních modelů patří model pro posouzení pozemních komunikací – uzavírek pozemních komunikací, výstavby obchvatů či určení kritických míst v infrastruktuře. Účelem takového modelu je otestovat, jaké změny plánovaná dopravní stavba nebo opatření vyvolá. V případě obchvatu je cílem, aby ho využívalo co nejvíce vozidel, a tím došlo ke zklidnění průtahu městem. Druhým častým účelem makroskopických modelů je model pro strategické a koncepční dokumenty. Strategické dokumenty (např. územní plán, generel dopravy) svým obsahem koncipují dopravní systém města či regionu ve střednědobém až dlouhodobém horizontu. [8, s. 24] Dopravní model je nástrojem analýzy, který tyto dokumenty doplňuje o vliv vývoje obyvatelstva, rozvoj území a změn dopravní infrastruktury.

V případě mikroskopických dopravních modelů je jeden z nejčastějších účelů posouzení jedné či více křižovatek. Cílem takového modelu je provést mikrosimulace pro všeobecné zhodnocení kapacity křižovatky nebo otestování změn v organizaci dopravy.

Na základě stanoveného účelu dopravního modelu tvůrce modelu navrhuje soubor jeho parametrů. Zdrojem parametrů bývá obvykle zadávací dokumentace projektu. Zpravidla se jedná o rozsah modelovaného území, zonální strukturu, modelované dopravní módy (druhy dopravy), časové období a software. Finální podoba parametrů pak vychází ze shody zadavatele s uživatelem, který dokáže přesně specifikovat funkcionalitu, která je potřebná pro daný účel modelu. Úroveň podrobnosti a složitost dopravního modelu vychází především z dostupných dat pro zájmové území. [8, s. 27]

Vstupní data

Před samotnou tvorbou dopravního modelu je nutné zajistit vstupní data. Dopravní modely jsou obecně velmi citlivé na kvalitu a zpracování vstupních dat. Při výběru dat je zapotřebí dbát na aktuálnost a podrobnost dat, dále také na jejich celistvost a metody sběru. [8, s. 31] Použití konkrétních dat také závisí na definovaném účelu dopravního modelu.

Jakékoliv modelování dopravy vyžaduje základní vstupy, v obecné rovině může jít o následující datové vstupy:

- data o dopravní síti – např. silniční síť, železniční síť apod.,
- data o využití území,
- socioekonomická a demografická data – počet obyvatel, ekonomická aktivita apod.,
- data o dopravním chování obyvatelstva – informace o cestách,
- data o osobní (i nákladní) dopravě – zdroje a cíle cest, dopravní poptávka,
- sčítání dopravy cestujících a jiné dopravně-inženýrské průzkumy (směrové průzkumy, sčítání dopravy v klidu),
- data pro konstrukci predikce. [8, s. 31]

Jakékoliv modelování dopravy vyžaduje dva základní vstupy: silniční síť a generátory dopravy. Silniční síť a generátory dopravy jsou základními částmi pro vytvoření kvalitního dopravního modelu. Skutečné chování je však velmi komplikované, proto se doporučuje tyto minimální požadavky obohatit o další typy dat. [13, s. 512]

Silniční síť, která je dobře definována a topologicky správná je základní grafovou strukturou, která popisuje povolené pohyby v modelovaném zájmovém území. Jakákoliv topologická nespojitost mezi úseky silnic způsobuje nepřesnost modelu, protože přes daný uzel sítě není možný žádný dopravní tok. Mimo to je zcela zásadní, aby dopravní parametry silniční sítě odrážely reálné chování. Klíčové je také určení dopravní kapacity jednotlivých silničních úseků, protože vstupují do výpočtu nákladové funkce. Limitou určení je obtížný odhad, neboť kapacitu dopravy ve městech ovlivňuje zejména kapacita křižovatek. Nepřesně nastavená hodnota kapacity však může vést k modelu, v němž auta projíždějí silniční úseky nižšího významu na úkor frekventovaných úseků. [13, s. 512]

Generátory dopravy představují nabídku a poptávku po jízdách vozidlem v dříve popsané silniční síti. Generátory dopravy si lze představit jako reprezentanta bloku budov, sídliště, průmyslové zóny nebo příjezdové cesty na okrajích dopravního modelu. Počet jízd může pocházet z různých demografických zdrojů, měl by odrážet různé místní parametry, jako je počet obyvatel nebo dostupnost veřejné dopravy.

Čtyřstupňový dopravní model

Jeden z nejčastěji používaných modelů je klasický čtyřstupňový dopravní model. Princip tohoto modelu vznikl již v 60. letech 20. století. Původně byl tento model použit pro plánování dálnic, ale v 70. a 80. letech byl rozšířen o multimodální cesty a vylepšené techniky modelování. [14]

Mezi jednotlivé kroky tohoto modelu patří:

- **vznik cest** – generování poptávky, neboli určení zdrojových a cílových přepravních proudů,
- **rozdělení cest** – směrové rozdělení přeprav,
- **volba dopravního prostředku** – rozdělení dopravy podle druhů dopravy (dělba přepravní práce),
- **zatížení sítě** – přiřazení přepravy dopravní síti.

První tři kroky modelu slouží k odhadu cestovní poptávky. V posledním kroku modelu se cestovní poptávka staví do rovnováhy vůči cestovní nabídce, a to přiřazením cest na síť. [15], s. 75]

Čtyřstupňový dopravní model se zaměřuje na zóny (definované geografické území s konkrétním využitím) jako na zdroje a cíle dopravy. Studie dopravní poptávky vycházejí z následujícího vztahu:

$$\mathbf{T}(k, i, j, m, r) = \mathbf{G}_i^k \cdot \mathbf{T}_{ij}^k \cdot \mathbf{M}_{ij}^{km} \cdot \mathbf{R}_{ij}^{kmr}$$

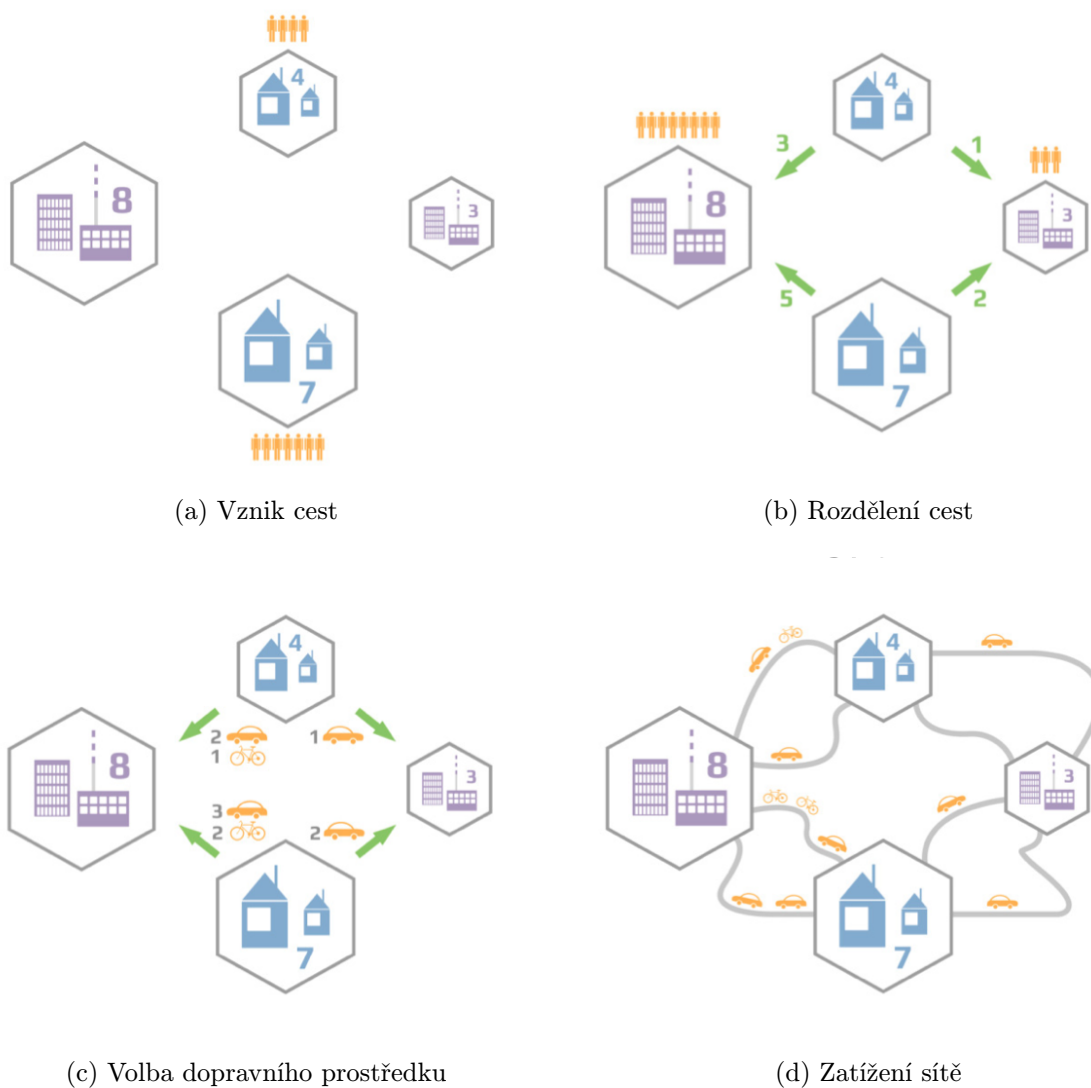
$\mathbf{T}(k, i, j, m, r)$	počet cest
\mathbf{G}_i^k	celkový počet cest uskutečněných osobami typu k ,
\mathbf{T}_{ij}^k	podíl odpovídající atraktivitě zóny j ,
\mathbf{M}_{ij}^{km}	podíl \mathbf{T}_{ij}^k přiřazený k určitému druhu dopravy , (osobní auta, autobusy apod.)
\mathbf{R}_{ij}^{kmr}	odpovídající přidělení na trasu. [16], s. 70]

Vznik cest

Vznik cest je prvním krokem z klasického čtyřstupňového dopravního modelu. V tomto kroku dochází k určení zdrojových a cílových proudů, které se získávají pomocí výpočtu nebo statistického průzkumu. Úkolem je stanovit celkový počet cest vycházející a končící v daném centroidu (reprezentuje zónu) za sledované období. [8], s. 44]. Tato fáze modelu odpovídá, kolik cest vzniká v každé zóně. Při modelování cest je kladen důraz na individuální cesty. Počet osobních cest je ovlivněn více faktory, mezi něž patří:

- úroveň příjmu, vlastnictví vozu (počet vozů), velikost a struktura domácnosti (věk, pohlaví),
- hodnota pozemku, hustota bydlení (počet domů na jednotku plochy) a jeho dostupnost,
- zastřešené prostory pro průmyslové, obchodní a jiné služby,
- počet zaměstnanců, počet prodejnů, celková plocha firmy.

První dvě skupiny ovlivňují množství osobních cest. Počet koncových cest je ovlivněn posledními dvěma skupinami. [3, s. 142, 143]



Obrázek 1.2: Kroky čtyřstupňového modelu [8, s. 43]

Rozdělení cest

Druhým krokem čtyřstupňového dopravního modelu je rozdělení cest. Tento krok je považován za nejdůležitější krok, protože v něm dochází k přerozdělení dopravní poptávky mezi dvěma zónami. Cílem je odhadnout matici přepravních vztahů (OD matice), která obsahuje počet cest mezi jednotlivými zónami. Základní myšlenka vychází ze znalosti, že počet cest nepřímo závisí na atraktivitě zón (vzdálenosti mezi dvěma zónami) [1]. Vychází

¹Pozn.: V některých případech je atraktivitou zón myšlen počet pracovních míst či počet zákazníků

se z předpokladu, že více lidí cestuje na kratší vzdálenosti. V důsledku toho je třeba nejprve vypočítat generalizované náklady, které se často zjednodušují na cestovní čas nebo vzdálenost. Vstupem pro tento krok je silniční síť (graf) a soubor dopravních zón. [17, s. 10]

Pro stanovení přepravních vztahů se používají metody, které lze zařadit do dvou základních skupin: metody růstových vztahů (též analogické metody) a gravitační metody (označované jako syntetické metody). Výsledkem těchto metod je OD matice.

Společnou vlastností všech metod růstových faktorů je výpočet výhledových přepravních vztahů pomocí současných přepravních vztahů a koeficientů růstu. Tyto metody se uplatňují v případě, že jsou známy přepravní vztahy v daném území. Výhodou je pak jednoduchost na pochopení. Použití těchto metod je spíše pro krátkodobé plánování vzhledem k nejistotě odhadu růstových koeficientů. Z tohoto důvodu se nehodí pro složité územní plánování. [16, s. 75]

Syntetické metody jsou založeny na předpokladu, že je zapotřebí nejprve poznat příčiny vzniku vztahů a veškeré další příčiny, které způsobují růst objemu přepravních vztahů a až poté odhadnout jeho výši. Jak bylo uvedeno výše, tyto metody je možné formulovat i tak, že distribuce dopravní produkce zóny i do zóny j je přímo úměrná atraktivitě zóny i a nepřímo úměrná vzdálenosti mezi zónami i a j . [8, s. 45] Pomocí syntetických metod lze vyjádřit výhledové přepravní vztahy i v případě, kdy je nutné počítat s výraznými změnami ve struktuře oblasti, její dopravní síť či se vznikem nových oblastí. [18, s. 15] Dosud nejčastěji používanou metodou při výpočtu výhledových přepravních vztahů je metoda přitažlivosti, tzv. gravitační metoda, jež je analogií k Newtonovu gravitačnímu zákonu. [16, s. 77]

Volba dopravního prostředku

Ve třetím kroku se odhaduje dělba přepravní práce mezi jednotlivé alternativní dopravní módy, tedy kolik osob použije individuální automobilovou přepravu (dále „IAD“), veřejnou hromadnou dopravou (VHD), kolo, půjde pěšky apod. [8, s. 47] Výsledkem tohoto kroku jsou vypočítané OD matice pro jednotlivé módy. Pokud je v předchozích krocích uvažován pouze jeden, pak lze modální rozdělení přeskočit. Stejně jako ve všech ostatních případech je důležité se zaměřit především na nejdůležitější cesty z celospolečenského hlediska, tzn. na cesty, které mají charakter opakující se události (cesta za prací a do škol) nebo jsou z dopravního hlediska časově i prostorově nejnáročnější.

Nejvýznamnější faktory, které ovlivňují druh vybrané dopravy jsou:

- účel a délky cesty,
- denní doba,

v obchodech. Potom počet cest je přímo úměrný atraktivitě.

- dopravní vybavenost území,
- vlastnictví automobilu,
- náklady za použití daného druhu dopravy,
- čas přepravy ad. [16, s. 79]

V modelu dělby přepravní práce se nejčastěji postupuje tak, že každý dopravní mód má v modelu svoji vlastní užitkovou funkci. Čím je tato funkce vyšší, tím více klesá pravděpodobnost přiřazení na dopravní síť. [8, s. 48]

Zatížení sítě

V posledním kroku čtyřstupňového dopravního modelu se řeší rozdělení proudů do dopravní sítě, tedy kudy budou jednotlivé cesty v rámci silniční sítě vykonány. Z předchozích kroků je již znám objem, zdroje a cíle pro všechny mezioblastní vztahy. [18, s. 16] Tento krok vychází z myšlenky, že řidiči používají optimální trasy. Zatížení sítě probíhá dvěma způsoby. První způsob je přírůstkové zatížení sítě, při němž se síť postupně zaplňuje. Druhým způsobem je rovnovážné zatížení sítě, které distribuuje poptávku na základě zásady: „Každý účastník silničního provozu volí svou trasu tak, že cestovní doba na všech alternativních trasách je stejná a přechodem na jinou by se zvýšila cestovní doba.“ [8, s. 48]

Kalibrace

Dopravní model je založen na řadě obecných předpokladů, matematických funkcích a dostupných vstupních datech. Po dokončení tvorby modelu bude výsledkem vždy model, který je blízký skutečnosti. Vzhledem k unikátnosti různých zájmových území a časové proměnlivosti dopravních poměrů je nutné provést kalibraci modelu. Ta se skládá ze dvou hlavních částí: **ověření postupu (verifikace)** a poté také ze samotné **kalibrace** modelu současného stavu. [8, s. 53]

Jak již bylo řečeno, v prvním kroku je nutné zkontrolovat, zda použití modelu odpovídá zadání studie a zda obsahuje všechny potřebné funkce pro splnění vytyčených úloh. Ověření dopravního modelu by se mělo skládat z následujících kroků:

- ověření metodického postupu – ověření vhodnosti vstupních dat, použitého typu dopravního modelu a použitých vypočtených procedur,
- ověření dílčích částí – ověření dílčích matic či využití výstupů z dopravního modelu,
- kontrola funkčnosti – kontrola funkčnosti dopravní sítě, napojení dopravních zón apod.

Součástí ověření funkčnosti dopravního modelu by měl být také test citlivosti celého modelu na změnu vstupních parametrů. Tyto testy citlivosti se liší v závislosti na typu dopravního modelu. V případě čtyřstupňových multimodálních modelů mohou být tyto testy náročným, ale na druhou stranu také jediným nástrojem, který prověří chování dopravního modelu. [8, s. 53, 54]

Druhým krokem je již samotná kalibrace modelu. Jedná se o nezbytný proces ladění, při němž dochází k úpravě jednotlivých parametrů modelu tak, aby se chování modelu co nejvíce blížilo pozorovanému reálnému stavu. Dopravní modely jsou založené na velkém množství parametrů, proto je nutné při kalibraci vzít v úvahu následující kroky:

- přijmout pouze důvěryhodné vstupní parametry,
- omezit kalibraci na reálně množství,
- kalibrovat globální parametry jako první (ovlivňují celý model),
- kalibrovat ostatní parametry až později (ovlivňují jen několik prvků). [8, s. 54] [3, s. 16]

Dopravní modely jsou vždy vytvořeny pro dříve definovaný účel, který ovlivňuje strukturu a úroveň detailu. V dané úrovni detailu není možné pokrýt všechny sledované ukazatele, proto se sledují stěžejní jevy pro daný účel modelu. To sebou přináší i zdroj nejistoty, který zahrnuje například:

- chyby měření,
- nevhodné použití dat,
- nepřesnost výpočtů,
- nepřesnou definici modelu zdůvodu zanedbání důležitého prvku systému apod.

Z důvodu vzniku nejistot, ze kterých vyplývají chyby v modelu, je žádoucí provádět nejprve kalibraci a poté až validaci modelu. Při kalibraci se porovnávají mezi sebou stejné hodnoty z modelu a reálného stavu (např. výsledky intenzity dopravy z modelu a dopravních kamer). V některých případech se vedle kalibrace OD matice provádí i kalibrace silniční sítě (např. dopravní model TraMod). [13, s. 513] V následujícím demonstrativním výčtu jsou popsány možné kroky při kalibraci dopravního modelu (obecně může být kalibrována silniční síť i OD matice):

- kalibrace atraktivity území,
- kalibrace agregovaných přepravních proudů,
- kalibrace dopravního výkonu. [8, s. 54, 55]

Před začátkem kalibrace je důležité specifikovat cíle, jejichž dosažení potvrdí její správnost. Vhodným příkladem je posouzení míry shody modelu a reality pomocí GEH statistiky. Tuto problematiku dále rozvíjí podkapitola [2.6](#).

Validace

Po dokončení kalibrace modelu následuje krok validace. Základním předpokladem správné validace je oddělení dat použitých pro kalibraci a validaci. Data pro kalibraci i validaci jsou si svým charakterem podobná, neboť se jedná o ukazatele, které měří výkonnost, strukturu ad. Pro kalibraci by však měla být použita jiná data než pro následnou validaci modelu, a to fyzicky (jiná sada dat) ale i typově. Nástroje mohou být použity obdobné, či stejné. Obecnou strategií pro validaci modelu je otestovat, zda model dokáže reprodukovat známý stav systému s dostatečnou přesností. Vzhledem k tomu, že není možné s určitostí popsat budoucí stav, je tento úkol někdy pokusem odhadnout nějaký dobře zdokumentovaný stav v minulosti. Málokdy se však stane, že je takový minulý stav dostatečně dobře zdokumentován. Z tohoto důvodu se často používají méně náročné ověřovací testy. [\[3\]](#), s. 191, 192]

Při validaci může docházet k situacím, kdy úpravou konkrétních parametrů modelu za účelem jeho kalibrace může dojít k deformaci modelu v jiných parametrech a tím jej odchýlit od reality. Tyto odchylky jsou ovšem snadněji zjištělné, validuje-li se na typově jiných datech. Zároveň je vhodné, aby byl proces validace oddělen od kalibrace i z personálního hlediska. Komplexnost dopravního modelu se všemi svými stochastickými prvky v rámci procesu zatěžování, vstupními parametry a matematickými funkcemi je natolik rozměrná, že i po procesu validace nelze očekávat naprostou shodu s realitou v současném, na tož v budoucím stavu nebo hypotetickém scénáři. [\[8\]](#), s. 58]

Pozn.: Zvědavý čtenář se může více dozvědět o kalibraci a validaci dopravního modelu v souběžně psané diplomové práci: NAROVEC, P. Potenciál nových zdrojů dat pro kalibraci dopravního modelu. Diplomová práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd. 2022.

Predikce

Dokončením kalibrace a validace je dopravní model vytvořen pro současný (základní) stav. Predikce dopravního modelu spočívá v editaci vstupních dat a parametrů modelu. Jednotlivé predikce dopravního modelu jsou zasazeny do specifických situací, které se v dopravně-inženýrské praxi nazývají jako dopravní scénáře.

Scénáře lze dělit na tyto tři typy:

- základní (současný) stav – kalibrovaný a validovaný model současného stavu,
- referenční stav – výhledový scénář dopravního modelu,

- alternativní stav – implementace opatření bez časového horizontu. [19, s. 11]

Využití jednotlivých datových vstupů v dopravním modelu není stejné. Ve scénáři současného (základního) stavu nejsou pochopitelně využívána data pro konstrukci predikce. Ve scénářích referenčního a alternativního stavu naopak nejsou využívána data pro kalibraci a validaci modelu, jelikož data jsou referenční k současnému stavu.

Dále lze v praxi rozlišit tři časové horizonty predikce, ve kterých je dopravní model predikční:

- krátkodobý horizont (do 4 let),
- střednědobý horizont (5 až 14 let),
- dlouhodobý horizont (více než 15 let).

Časové vymezení horizontů je pouze orientační a vychází z praxe. U některých analýz se považuje dlouhodobý horizont 10 let (koncepty VHD), u jiných až 30 let (ekonomické hodnocení Analýzy nákladů a výnosů). [8, s. 59]

1.2 Úvod do územní plánování

Tato část obsahuje vhléd pro problematiku územního plánování, popis cílů, úkolů a nástrojů územního plánování. V první řadě je nutné upozornit, že tvorba této diplomové práce probíhala v akademickém roce 2021/22, kdy platným stavebním zákonem byl zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) [20], ve znění pozdějších předpisů i nový stavební zákon č. 283/2021 Sb. (dále také „StavZ 2021“) s účinností od 1. 7. 2023. [21] V dané době zároveň vznikaly související vyhlášky. Pro potřeby diplomové práce se vychází ze zákona č. 183/2006 Sb. (dále „stavební zákon“ či „StavZ“).

1.2.1 Definice územního plánování

Pojem územní plánování v české legislativě není jasně definován, přesto lze dohledat několik definic různých autorů v odborné literatuře. První z definic popisuje územní plánování jako jediný nástroj, který může ze zákona koordinovat rozvoj území, řeší využití území a stanovuje koncepci rozvoje území, chrání a rozvíjí přírodní, kulturní a civilizační hodnoty území. [22, s. 8] Další definice označuje územní plánování jako státem, kraji a obcemi organizovanou činnost, která slouží k vytváření komplexních předpokladů pro výstavbu a udržitelný rozvoj v území. [23, s. 204]

Termín udržitelný rozvoj definuje Světová komise Organizace spojených národů pro životní prostředí a rozvoj (WCED) jako zajištění potřeb a tužeb současnosti, aniž by byla ohrožena schopnost budoucích generací uspokojovat vlastní potřeby. [24, s. 24] Tato definice postihuje dva rozměry souvislostí udržitelného rozvoje:

- **časový** – vyjadřuje zodpovědnost a solidaritu mezi různými generacemi,
- **prostorový** – vyjadřuje zodpovědnost a solidaritu mezi společenstvími sdílejícími stejný prostor Země. [25, s. 12]

V souladu s výše uvedenou definicí WCED spočívá udržitelný rozvoj i podle StavZ ve vyváženém vztahu podmínek pro příznivé životní prostředí, hospodářský rozvoj a soudržnost společenství obyvatel území a který uspokojuje potřeby současné generace, aniž by ohrožoval podmínky života generací budoucích². Tato definice rozšiřuje definici WCED explicitním vyjádřením vyváženého vztahu ekonomického, ekologického a sociálního pilíře udržitelného rozvoje. Tyto tři pilíře by měly být ve vzájemné rovnováze. [26, s. 9]

1.2.2 Cíle a úkoly územního plánování

Základním cílem územního plánování je v obecné rovině optimální využití území, které zahrnuje odlišné preference dílčích cílů (udržení sociální stability v území, zabezpečení ekologické stability a zajištění ekonomické stability) a spektrum odlišných představ a zájmů (individuální, komunitní a celospolečenské). Dosažení optima je podmíněno hledáním

²§ 18 odst. 1 StavZ

kompromisů či za cenu dílčích ústupků. Dochází tedy permanentně k interakci mezi zájmy individuálními, skupinovými (ekonomické i neekonomické subjekty) a zájmy celospolečenskými obhajovanými prostřednictvím orgánů státní správy. [26], s. 9]

Cíle územního plánování vedle obecné roviny stanovuje i StavZ. Jde konkrétně o vytváření předpokladů pro 2 oblasti: výstavbu a pro udržitelný rozvoj území³. Mezi další cíle řadíme dosažení souladu veřejných a soukromých zájmů na rozvoji území⁴ a s tím související koordinace záměrů a jiných činností ovlivňující rozvoj území orgány územního plánování⁵. V neposlední řadě je cílem též chránit a rozvíjet hodnoty území, zvláště se klade důraz na ochranu krajiny, nezastavěného území a nezastavěných pozemků⁶.

Stejně jako v případě cílů územního plánování stanovuje StavZ i úkoly územního plánování. Konkrétně jde o ustanovení § 19 odst. 1 StavZ, který obsahuje jejich demonstrativní výčet. V následujícím odstavci jsou pak úkoly rozšířeny o posuzování vlivu nástrojů územního plánování na udržitelný rozvoj území.

Mimo zmíněný výčet pak StavZ uvádí úkoly již v ustanovení týkající se cílů územního plánování, neboť některé uvedené cíle jsou svým obsahem spíše úkoly. Příkladem takového úkolu může být zajištění soustavného a komplexního řešení účelného využití a prostorového uspořádání území⁷, příp. určení podmínek pro hospodárné využívání zastavěného území⁸.

1.2.3 Nástroje územního plánování

Nástroje územního plánování definuje StavZ v třetí části, hlava III. Tyto nástroje slouží jako opatření veřejné správy, která jsou způsobilá plnit cíle a úkoly územního plánování na národní, regionální i místní úrovni. Obrázek [1.3] zobrazuje nástroje územního plánování. Pro dopravní modelování v rámci obce je nutné zohlednit odlišný vývoj dopravních zón, které mohou být vytvořeny základě dat územní plánování.

³§ 18 odst. 1 StavZ

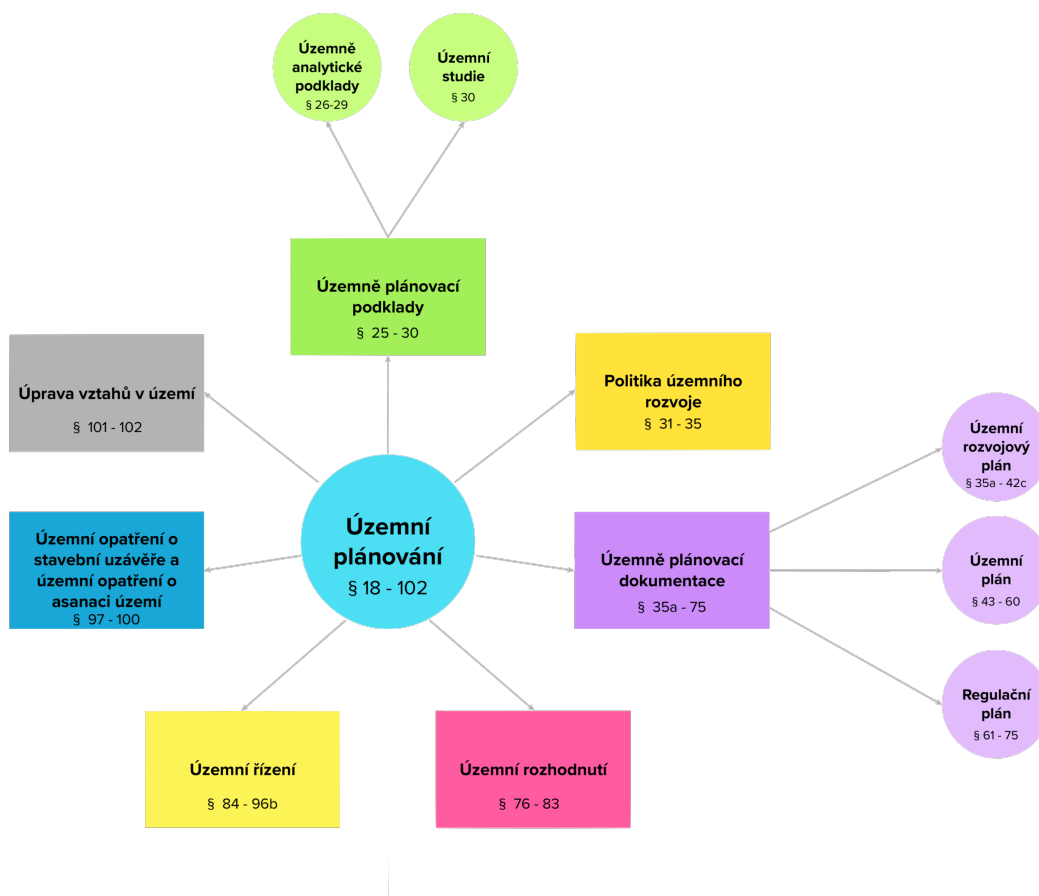
⁴§ 18 odst. 2 StavZ

⁵§ 18 odst. 3 StavZ

⁶§ 18 odst. 4 StavZ

⁷§ 18 odst. 2 StavZ

⁸§ 18 odst. 4 StavZ

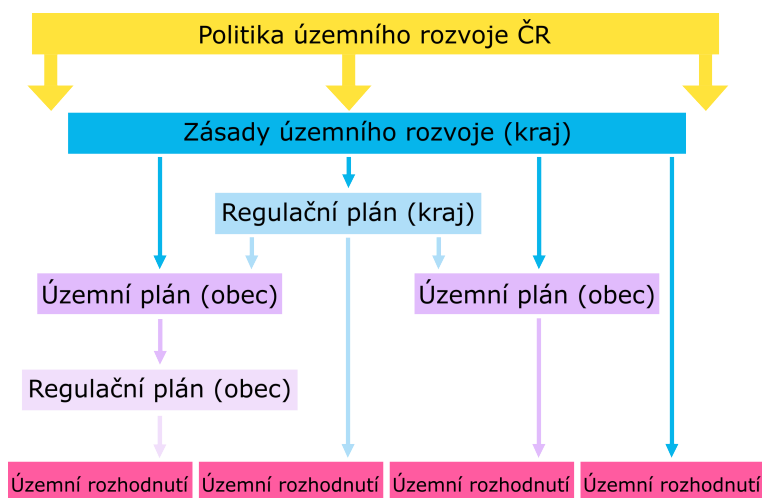


Obrázek 1.3: Nástroje územního plánování. Zpracováno dle StavZ 2021 [21].

Pro potřeby dopravního modelování jsou stěžejní následující nástroje územního plánování:

- Politika územního rozvoje,
- Zásady územního rozvoje,
- Územně analytické podklady,
- **Územní plán,**
- **Územní studie.**

Z demonstrativního výčtu jsou vydávány na obecní úrovni pouze poslední dva nástroje. Tyto nástroje mají potřebnou úroveň podrobnosti pro zachycení jevů, které se modelují v rámci dopravního modelování. Ostatní nástroje jsou uvedeny z důvodu zachycení širšího kontextu a hierarchického provázání nástrojů od celostátní úrovně po místní. Hierarchické členění je dále rozvedeno na Obrázku [1.4]. V následujících odstavcích jsou všechny zmíněné nástroje stručně představeny.



Obrázek 1.4: Hierarchické členění nástrojů územního plánování. Zpracováno dle [27].

Politika územního rozvoje

Politika územního rozvoje je koncepční nástroj územního plánování, který pořizuje Ministerstvo pro místní rozvoj (dále „Ministerstvo“) pro celé území České republiky⁹ a schvaluje jej vláda. PÚR zohledňuje požadavky na udržitelný rozvoj území a územní soudržnost vyplývající z členství v mezinárodních organizacích (EU, OSN, OECD) a mezinárodních smluv. Tento nástroj vznikl za účelem koordinace územního rozvoje v republikových, přeshraničních a mezinárodních souvislostech. [28, s. 7] PÚR ČR zajišťuje koordinaci územně plánovací činnosti krajů a obcí. Na procesu pořízení vzhledem k rozsahu spolupracují další ministerstva, ústřední správní orgány a kraje¹⁰. PÚR je závazná pro pořizování a vydávání územního rozvojového plánu (dále „ÚRP“), zásad územního rozvoje (dále „ZÚR“), územních plánů (dále „ÚP“) a regulačních plánů (dále „RP“)¹¹.

Obrázek 1.5 znázorňuje schéma vazeb PÚR na další nástroje územního plánování a strategickými dokumenty vnitrostátní i mezinárodní úrovně.

Pozn.: Schéma neobsahuje vazby na dokumenty vztažené k NUTS 2 vzhledem k absenci územně plánovací dokumentace na této úrovni. Červené šipky znázorňují implementaci Územní agendy EU.

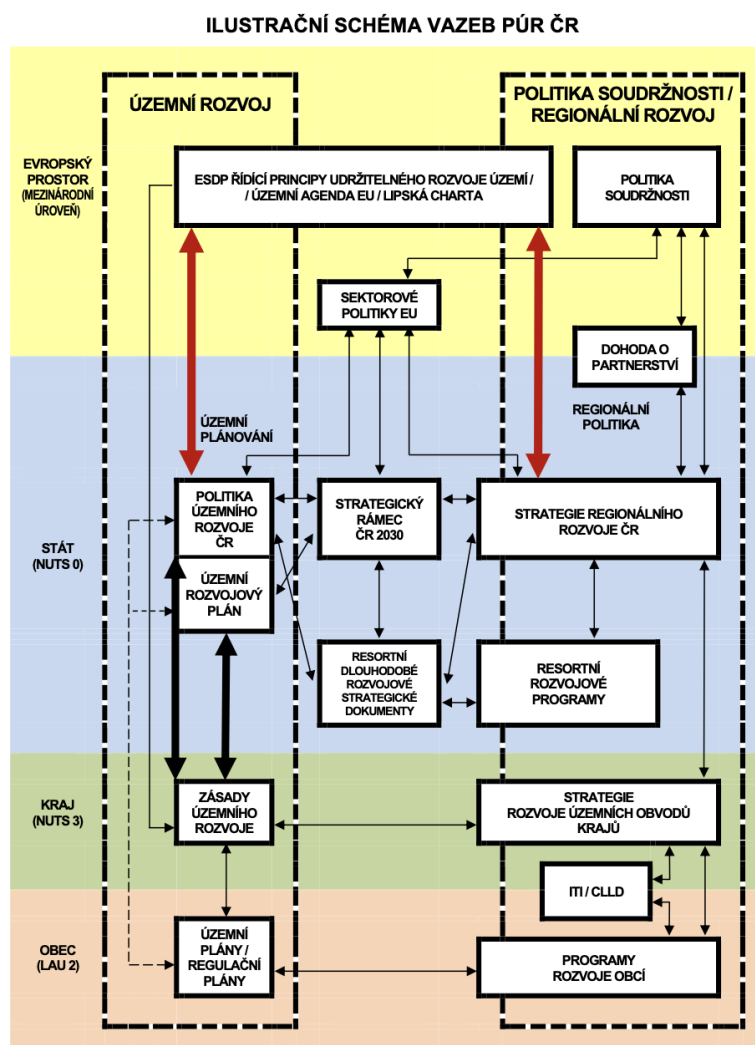
Ministerstvo zpracovává každé čtyři roky zprávu o uplatňování PÚR, ve které navrhuje aktualizaci stávající, nebo pořízení nové PÚR. Od pořízení PÚR došlo celkem k pěti aktualizacím – v době tvorby této práce již byla dokončena aktualizace PÚR č. 4, vláda ji schválila dne 12. července 2021 usnesením vlády č. 618.

⁹§ 31 odst. 3 StavZ

¹⁰§ 33 odst. 1 StavZ

¹¹§ 31 odst. 4 StavZ

Pozn. Aktualizace PÚR č. 4 vznikla až po Aktualizaci PÚR č. 5, schválené usnesením vlády ze dne 17. srpna 2020 č. 833.



Obrázek 1.5: Ilustrační schéma vazeb PÚR ČR [28], s. 9]

Zásady územního rozvoje

Zásady územního rozvoje (ZÚR) je nástroj územního plánování, který se pořizuje pro území celého kraje¹² a vydává formou opatření obecné povahy podle správního řádu¹³. ZÚR jsou závazné pro pořizování a vydávání územních plánů, regulačních plánů či pro rozhodování v území¹⁴. Současně s tím nemá obsahovat podrobnosti náležící svým obsahem ÚP a RP.

¹²§ 36 odst. 4 StavZ

¹³definováno v § 171-174 zákona č. 500/204 Sb.

¹⁴§ 36 odst. 5 StavZ

Dle StavZ stanovují ZÚR zejména:

- základní požadavky na účelné a hospodárné uspořádání území kraje,
- vymezení ploch nebo koridorů nadmístního významu,
- vyhodnocení vlivu na udržitelný rozvoj území¹⁵

Zásady územního rozvoje mohou ve vybraných plochách nebo koridorech uložit prověření změn využití územní studii¹⁶. Vyhláška č. 500/2006 Sb. (dále „vyhláška ÚAP“)²⁹ v příloze č. 4 rozšiřuje obsah ZÚR o upřesnění územní podmínky koncepce ochrany a rozvoje hodnot území kraje. Dále mají ZÚR stanovit cílové kvality krajiny¹⁷ a koordinovat územně plánovací činnost obcí.

ZÚR v nadmístních souvislostech území kraje zpřesňují a rozvíjejí cíle územního plánování definované v § 18 StavZ. Rozvíjení cílů je pak v souladu s PÚR a územním rozvojovým plánem. Jedná se zejména o vymezení prvků nadmístního významu (např. koridory dálnic, silnic I. třídy, železnic apod.)

Územně plánovací podklady

Územně plánovací podklady (dále „ÚPP“) upravuje § 25–30 StavZ. ÚPP rozumíme územně analytické podklady, které zjišťují a vyhodnocují stav a vývoj území a územní studie, které ověřují možnosti a podmínky změn v území¹⁸. Tento nástroj slouží jako podklad pro pořizování politiky územního rozvoje (dále „PÚR“) a územně plánovací dokumentace (dále „ÚPD“), jejich změnu a pro rozhodování v území.

Územně analytické podklady

ÚAP jsou nástroj územního plánování, který je pořizován pro celé území České republiky. Právní úpravu ÚAP nalezneme v § 25–29 StavZ a ve vyhlášce č. 500/2006 Sb (vyhláška ÚAP). Obsah ÚAP lze rozdělit na několik částí:

- podklady pro rozbor udržitelného rozvoje území,
- rozbor udržitelného rozvoje území,
- údaje o území¹⁹

¹⁵ § 36 odst. 1 StavZ

¹⁶ § 36 odst. 2 StavZ

¹⁷ vychází z Evropské úmluvy o krajíně č. 12/2017 Sb. m. s.

¹⁸ § 25 StavZ

¹⁹ § 4 vyhlášky 500/2006 Sb.

Podklad pro rozbor udržitelného rozvoje území tvoří limity území společně se zjištěním a vyhodnocením stavu a vývoje území, jeho hodnot a záměrů. Limity využití území jsou důležitý zdroj informací pro orgány veřejné správy. Vyjadřují omezení změn v území z důvodu ochrany veřejných zájmů, ať už vyplývají z právních předpisů nebo jsou stanoveny na základě zvláštních právních předpisů nebo vyplývající z vlastností území²⁰. Limity využití území se dělí na několik kategorií:

1. Územní podmínky pro výstavbu,
2. Doprava,
3. Technická infrastruktura,
4. Vytváření a ochrana zdravých a bezpečných životních podmínek,
5. Ochrana přírody a krajiny, lesní pozemky, geologie,
6. Ochrana památek,
7. Právo.³⁰

Rozbor udržitelného rozvoje zahrnuje zjištění a vyhodnocením pozitiv a negativ v území, udržitelný rozvoj v území a určení problémů k řešení v ÚPD.

Poslední část tvoří údaje o území doplněné o zjištění průzkumů území, příp. dalšími informacemi a daty. Tyto údaje jsou souborem přesně definovaných jevů (také označovaných jako databáze územně analytických podkladů), které jsou upraveny vyhláškou ÚAP²¹. Úkolem ÚAP je tedy mimo zjištění údajů o území i zjištění významných záměrů v území a provedení rozborů udržitelného rozvoje území a analýz, které vedou k určení hodnot a problémů v území.

ÚAP se pořizují ve dvou úrovních podrobnosti v závislosti na několika faktorech. Prvním faktorem je rozsah území. Úřady územního plánování²² pořizují ÚAP pro svůj správní obvod a krajské úřady pro území kraje. Také Ministerstvo je pořizovatelem ÚAP v rozsahu, který je potřebný pro plnění svých úkolů, přičemž vychází z ÚAP krajů^{23,24}. Druhým faktorem je účel, tedy ÚAP umožňují pořizovat ÚP a RP v případě úřadů územního plánování a ZÚR v případě krajských úřadů. Posledním významným faktorem jsou sledované jevy v datové bázi ÚAP²⁵.

²⁰§ 26 odst. 1 StavZ

²¹§ 4 odst. 4 ve spojení s přílohou č.1 vyhlášky č. 500/2006 Sb.

²²podle § 6 odst. 1 StavZ se jedná o obecní úřad obce s rozšířenou působností

²³upravuje § 27 odst. 1 StavZ

²⁴Pořizovatelem může být i Újezdni úřad v případě ÚAP pro území vojenských újezdů, přestože není uveden jako pořizovatel v ustanovení § 2 odst. 2 písm. a).

²⁵příloha č. 1 vyhlášky č. 500/2006 Sb.

Aktualizace ÚAP se provádí průběžně na základě nových údajů o území či průzkumu území, pořízení úplné aktualizace je povinné nejpozději do 4 let ²⁶.

Územní plán

Územní plán (dále „ÚP“) je z hlediska dělení nástrojů územně plánovací dokumentací. Právní úprava územního plánu je obsažena zejména v § 43 až 58 StavZ. Jedná se o základní koncepční nástroj, zpracováváný pro celé území obce, celé území hlavního města Prahy či celé území vojenského újezdu ²⁷. Výstupy ÚP nebyly až do příchodu Standardu vybraných částí územního plánu standardizovány, což způsobovalo např. zatěžování stavebních úřadů při rozhodování, ztížení čitelnosti výstupů ÚP pro veřejnost apod. ³¹

Smyslem územního plánu je stanovení koncepcí (rozvoje, ochrany, uspořádání, infrastruktury) a vymezení zastavěného území, ploch a koridorů pro jednotlivé způsoby využití ²⁸. ÚP dále zpřesňuje a rozvíjí cíle a úkoly územního plánování v souladu se zásadami územního rozvoje, politikou územního rozvoje a s územním rozvojovým plánem ²⁹. Územní plán nesmí obsahovat podrobnosti náležící obsahově regulačnímu plánu nebo územnímu rozhodnutí, pokud nestanoví zastupitelstvo obce, že bude pořízen ÚP s prvky RP ³⁰.

O pořízení a vydání ÚP rozhoduje zastupitelstvo ³¹, které zároveň zvolí určeného zastupitele, který následně zastupuje zastupitelstvo obce v komunikaci s pořizovatelem a projektantem ³². Proces pořizování územního plánu je poměrně komplikovaný, musí koordinovat veřejné i soukromé zájmy a současně s tím musí být v souladu s nadřazenou dokumentací v náležitostech vyplývající ze StavZ a prováděcích právních předpisů.

Územní studie

Územní studie (dále „ÚS“) je územně plánovací podklad, který navrhuje, prověřuje a posuzuje možná budoucí řešení vybraných problémů. Oproti ÚAP, které obsahují údaje o aktuálním stavu, vyjadřuje ÚS podmínky a možnosti změn v území, je tedy výhledem na budoucí stav. Přestože ÚS není právně závazná (stejně jako ÚAP), zároveň je neopomenutelným podkladem pro pořízení, změnu či aktualizaci PÚR a ÚPD. Vzhledem k tomu, že se ÚS pořizuje jen jako řešení vybraných problémů na části území, vede její zpracování k vyšší podrobnosti, a tedy i lepšímu řešení problému. ÚS je zpravidla pořizována pro ověření možností využití řešeného území, zastavitelných či přestavbových nebo vybrané části nezastavěného území. ³²

²⁶§ 28 odst. 1 StavZ

²⁷§ 43 odst. 4 StavZ

²⁸§ 43 odst. 1 StavZ

²⁹§ 43 odst. 3 StavZ

³⁰§ 43 odst. 3 StavZ

³¹§ 44 StavZ

³²§ 47 odst. 1 StavZ

Obsah ÚS není upraven žádnou právní normou, je tedy oproti ÚAP více flexibilní. Zároveň platí, že tento podklad je právně nezávazný, přestože je nepominutelný pro PÚR, ÚPD a pro rozhodování v území³³

Pořizovatelem ÚS je úřad územního plánování³⁴ pro území své obce či pro území jiné obce ve svém správním obvodu na základě žádosti³⁵. Pořizovat ÚS může i jakýkoliv obecní úřad, pokud jsou splněny kvalifikační požadavky pro územně plánovací činnost³⁶, a to pro území své obce nebo obce ve stejném správním obvodu ORP na základě veřejnoprávní smlouvy³⁷. Pořizovatel pořizuje ÚS z vlastního nebo jiného podnětu, případně pořízení může uložit ÚPD ve vybraných koridorech a plochách³⁸. Pro případ, kdy je pořízení ÚS uloženo v ÚP, musí být tamtéž stanoveny podmínky a přiměřená doba pro pořízení³⁹.

1.2.4 Nový stavební zákon

Jak již bylo zmíněno v úvodu kapitoly, v době vypracování této práce byly platné oba zmíněné stavební zákony (StavZ i StavZ 2021). Stavební zákon byl předmětem mnoha novelizací, v současné době (jaro 2022) jde o 29 novel, z nichž poslední dvě nabývají účinnosti k 1. 7. 2023⁴⁰. Zároveň byl přijat celkem narychlo nový stavební zákon, jenž je platný od 29. 7. 2021. Účinnosti má nabýt ve svém celku 1. 7. 2023, v několika ustanoveních je již účinný^{41,42}. StavZ 2021 zruší celkem padesát právních předpisů či jejich částí (včetně StavZ a jeho novel)⁴³. Společně se StavZ 2021 byl přijat i zákon č. 284/2021 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím stavebního zákona. Celkem se mění padesát osm zákonů z různých oborů veřejné správy.

StavZ 2021 přináší celou řadu změn. První viditelnou změnou je reorganizace veřejné správy v oblasti územního plánování. Tato změna je nejvíce patrná ve zřízení Nejvyššího stavebního úřadu a Specializovaného a odvolacího stavebního úřadu. Soustavu orgánů státní stavební správy pak doplňují krajské stavební úřady⁴⁴. Druhou významnou změnou je úprava cílů a úkolů územního plánování. StavZ 2021 rozšiřuje cíle o záměr zvyšovat kvalitu vystavěného prostředí sídel, vytvoření prostředí pro každodenní život i rozvíjení jeho identity⁴⁵.

³³vychází z § 25 a § 32 odst. 2 písm. a) StavZ

³⁴§ 6 odst. 1 písm. b) StavZ

³⁵§ 6 odst. 1 písm. c) StavZ

³⁶§ 24 StavZ

³⁷§ 6 odst. 2 StavZ

³⁸§ 30 odst. 2, § 36 odst. 2 a § 43 odst. 2 StavZ

³⁹§ 43 odst. 2 StavZ

⁴⁰jedná se o zákon č. 47/2020 Sb. a 261/2021 Sb.

⁴¹podle § 335 písm. a) StavZ 2021 je již účinné ustanovení o vymezených územích a některá přechodná ustanovení k územnímu plánování.

⁴²podle § 335 písm. b) StavZ 2021 nabývá účinnosti k 1. 1. 2022 ustanovení o státní stavební správě a některá přechodná ustanovení k úřadům a úředníkům

⁴³§ 334 StavZ 2021

⁴⁴§ 15 až 18 StavZ 2021

⁴⁵§ 38 odst. 3 StavZ 2021

Další významnou změnou je vypuštění zástupce veřejnosti, na druhou stranu dochází k lepší úpravě institutu určeného zastupitele (tento institut má nově upraven ve vlastním ustanovení)⁴⁶. V neposlední řadě je nutné zmínit, že StavZ 2021 přináší systematické sloučení úpravy stavebního a územního řízení. Této změně je věnována celá Část šestá – „Stavební řád“.

Změny nástrojů územního plánování v novém stavebním zákoně

Stejně jako v případě stavebního zákona volíme nástroje, které je vhodné s ohledem na zaměření práce, tedy nástroje, které se týkají zejména tvorby územního plánování jako pravděpodobně nejčastějšího zdroje informace pro potřebu dopravního modelování v rámci obce.

Výčet nástrojů územního plánování obsahuje § 61 StavZ 2021, přičemž došlo ke dvěma zásadním změnám v jejich systému. Zprvce jde o vypuštění **územního rozhodnutí** z výčtu jednotlivých nástrojů, neznamená to ovšem zánik tohoto nástroje, pouze došlo k jeho sloučení se stavebním řízením do jednotného řízení o povolení záměru⁴⁷.

Druhou zásadní změnou je vypuštění PÚR⁴⁸ a zároveň připojení **Politiky architektury a stavební kultury České republiky** (dále „PASK“) do systému nástrojů územního plánování. Tento nový nástroj je strategický dokument s celostátní působností, který vláda schválila již v lednu 2015, nyní ho přebírá i StavZ 2021 ³³. K povaze PASK je nutné zmínit, že se obsahem, závazností i pořizování odlišuje od PÚR. Právní závaznost dokumentu není stanovena vně veřejné správy, ale pouze pro členy vlády a vedoucí ostatních ústředních správních úřadů. Jejich povinností je zohledňovat PASK při zpracování koncepčních dokumentů a plnit úkoly obsažené v PASK⁴⁹. Dokument se věnuje třem základním oblastem, v nichž řeší celkem 8 témat:

- **Krajina a sídla,**
 1. Uspořádání krajiny a sídel
 2. Veřejná prostranství
 3. Začlenění staveb do prostředí
- **Stavby,**
 5. Zadávání zakázek
 6. Projektování, realizace, životnost a udržitelnost staveb
- **Vzdělávání, osvěta a výzkum.**

⁴⁶§ 49 StavZ 2021

⁴⁷Část šestá, hlava III. StavZ 2021

⁴⁸§ 318 odst. 1 StavZ 2021

⁴⁹část II odst. 1 usnesení č. 22 ze dne 14. ledna 2015

7. Vzdělávání
8. Osvěta a média
9. Výzkum a vývoj

Obsahem dokumentu jsou dosavadní analýzy v řešené oblasti, popis základních pojmů a souhrny relevantních dokumentů a dalších souvisejících předpisů. Zejména však stanovuje vizi a základní cíle ve střednědobém až dlouhodobém horizontu, kterým je nutné se věnovat. Pro dosažení stanovených cílů navrhuje opatření, včetně určení zodpovědných institucí a termínů splnění opatření. [34] [35] s. 9]

Závěrem ještě zmíním explicitní označení **vymezení zastavěného území** za taxativního výčtu nástrojů územního plánování⁵⁰.

⁵⁰§ 61 písm. d) StavZ 2021

1.3 Vazby územního plánování a dopravního modelování

Třetí část této kapitoly se zabývá vazbami dopravy a územního plánování. Nejprve je nastíněna úloha územního plánování v dopravě. Poté jsou podrobněji rozebrány podklady a nástroje územního plánování, které obsahují relevantní informace pro dopravní modelování. Na konci této části jsou zmíněny vlivy dopravy, které negativně vstupují do územního plánování.

1.3.1 Význam územního plánování v dopravě

Územní plánování hraje rozhodující roli v možnosti ovlivnit dopravní poptávku. Hlavní dopravní cíle by měly být umístěny co nejtěsněji ke kapacitní hromadné dopravě. Tím by měla být redukována potřeba cest automobilem a zajištěna dostupnost i pro ty, kteří nechtějí nebo nemohou automobil využívat. Kromě centra města, které je vždy střediskem obchodu, zábavy a turistiky, je třeba systematicky vytvářet dostatek pracovních, nákupních a zábavních příležitostí v blízkosti k rezidenčním oblastem a tím snižovat délku a náročnost cest za prací, nákupem, vzděláním a zábavou. Přitom je nutné zajistit dobré dopravní spojení napříč městem a dopravní obsluhu rozvojových a přestavbových území s obytnou funkcí a pracovními příležitostmi s centrem města. Územní plánování, vytvářející monofunkční plochy s vysokou koncentrací, vede k vysoké náročnosti území na objemy cest a dopravní výkony. [16], s. 51]

Cestou ke snížení denního dojíždění za prací je fungující trh s byty a nemovitostmi. Možnost se stěhovat blíže k zaměstnání je v řadě zemí samozřejmostí, jinde naráží na vžitou neochotu a lpění na majetku nebo rodišti, jinde se realizuje nárůstem délky denní dojížděky⁵¹. Přesto každé urbanizované území musí realizovat komunikační systém s nezbytnou hierarchizací komunikací, umožňujících převést s dostatečnou rychlostí, plynulostí a výkonností dopravní poptávku automobilové dopravy. Dopravní systém s kapacitou výrazně nedostačující poptávce vyvolává střety dopravních proudů navzájem a vede ke vzniku opakujících se kongescí, jejichž zvyšující se časový rozsah a počet postižených účastníků je měřítkem kolapsu dopravního systému. [16], s. 51]

Aby bylo možné posoudit důsledky územního plánování na dopravě, je třeba pracovat s dopravním modelem již ve fázi konceptu či návrhu. Územní plánovači či developři díky tomu mohou odhalit nedostatky dříve, než dojde k lokalizaci a realizaci supermarketů, stadionů či výrobních zón. Přestože je v územním plánování běžnou praxí navrhování komunikací, tras VHD a dnes i hojně cyklistických stezek, není věnována přílišná pozornost bezbariérovým a bezpečným pěším trasám, zajišťujícím dosažitelnost cíle přímo, nebo prostřednictvím hromadné dopravy. [16], s. 52]

⁵¹V ČR je k roku 2022 průměrná doba cesty do práce 27 minut: <https://www.indexprosperity.cz/2022/kvalita-trhu-prace/>

V městských oblastech žije více než 70 % občanů EU⁵², doprava tedy sehrává jednu z nejdůležitějších rolí pro zkvalitnění života, stejně však i na venkově. Pro mnohé lidi v Evropě znamená vlastní auto rozsah mobility, která nikdy předtím neexistovala. Pohled do budoucnosti ukazuje, že současný podíl individuální automobilové dopravy⁵³ nebude moci být zachován. Bude muset dojít k náhradě přístupnými ekologickými dopravními prostředky a ke zvýšení podílu veřejné hromadné dopravy (VHD). Aby se v tomto dosáhlo obratu, musí být místní a regionální dopravní systémy plánovány integrovaně a provozovány s ohledem na potřeby uživatelů a jejich postoje k automobilům. [16, s. 52]

O dopravní náročnosti území se rozhoduje dlouhodobě, avšak významné zásadní ovlivnění vzniká:

- při povolování změn,
- při vydávání územních rozhodnutí,
- při vydávání povolení ke změně užívání staveb.

Ostatní vlivy jsou méně nápadné, obtížněji ovlivnitelné, ale působící v dlouhém časovém období:

- Změna demografické struktury obyvatelstva (mládnutí/stárnutí populace, příjmové skupiny, zaměstnanost, obsazenost bytů),
- Změna rozmístění pracovních příležitostí (útlum, rozvoj specializovaných profesí — doly, ocelárny, strojírenská výroba, textilní výroba),
- Změna ochoty dojíždět za prací / školou na větší vzdálenost,
- Změna kvality a ceny služeb hromadné dopravy.

Průvodním jevem zvýšené mobility, ekonomické aktivity a využívání automobilové dopravy jsou v urbanizovaném území dopravní kongesce. Kongesce jsou v dopravě stále významnějším problémem, neboť výstavba nových komunikací zaostává za potřebou z ekonomických, politických a environmentálních důvodů. S tím souvisí zvýšení dopravní poptávky vlivem zvýšení kvality nabídky dopravního spojení. Kongesce v silniční dopravě se netýkají jen denní dojížděky ve velkých nebo urbanizovaných územích. Kongesce postihují pracovní i nepracovní cesty, ovlivňují pohyb lidí i zboží. V extravilánu měst se kongesce vyskytují na hlavních dopravních koridorech, kde je doprava ovlivňována nehodami, údržbou, objížděkami a vysokou poptávkou. Narůstají časové ztráty, které vedou ke snížení produktivity a růstu nákladů na dopravu. [16, s. 137]

⁵²K roku 2020 je dle Evropské investiční banky urbanizace v EU 72 %: <https://www.eib.org/en/essays/the-story-of-your-city>

⁵³Přestože 55 % pracujících bydlí do deseti kilometrů od pracoviště, tak 84 % platí za cestu do práce: <https://domaci.hn.cz/c1-66558940-cesty-do-prace-vyjdou-cechy-v-prumeru-natisicovku-mesicne-nejcasteji-dojizdeji-vlastnim-autem-nebo-hromadnou-dopravou>

Opakující se kongesce jsou předvídatelné, neboť jsou způsobeny předvídatelnými jevy – špičkovými intenzitami dopravy denního, týdenního či sezónního charakteru nebo pořádáním mimořádných akcí. Neopakující se kongesce vznikají jako důsledek nehod, neopakujících se incidentů, akutních stavebních omezení nebo ztížené sjízdnosti.

Problém kongescí musí být řešen vyváženou dopravní politikou, obsahující celý soubor opatření. Ke snížení časových ztrát a ekonomických důsledků kongescí může být uplatňována široká škála ekonomických i administrativních nástrojů.

1.3.2 Vazby nástrojů územního plánování k dopravnímu modelování

Územní plán

Jak již bylo zmíněno v podkapitole [1.2.3](#), územní plán je z hlediska dělení nástrojů územně plánovací dokumentací. Jedná se o základní koncepční nástroj, zpracováváný pro celé území obce, Smyslem územního plánu je stanovení koncepcí (rozvoje, ochrany, uspořádání, infrastruktury) a vymezení zastavěného území, ploch a koridorů pro jednotlivé způsoby využití.

Územní plán je tvořen výrokovou částí a odůvodněním. Výroková část územního plánu se skládá z textové a grafické části. Textová část obsahuje vymezení jednotlivých ploch a koridorů a podmínky pro jejich využití. Grafická část územního plánu se skládá z jednotlivých výkresů, které zobrazují regulaci území. Nutnou podmínkou je, aby textová grafická část byly ve vzájemném souladu. V opačném případě by jinak nebylo zřejmé, k jakému účelu je např. dotčený pozemek určen, což by v důsledku mohlo vést ke zrušení územního plánu či jeho části.

Podstatnou částí ÚP je i odůvodnění, které se stejně jako výroková část skládá z textové a grafické části. Odůvodnění obsahuje důvody výroku, podklady pro jeho vydání a úvahy, kterými se řídil správní orgán při jejich hodnocení a výkladu právních předpisů.

Z hlediska dopravního modelování je stěžejní v ÚP koncepcie dopravní infrastruktury a grafická část výrokové části, která obsahuje Hlavní výkres, případně může obsahovat i výkres dopravní koncepce. Konkrétní podobu výkresů stanovuje *Standard vybraných částí územního plánu*. [\[31\]](#)

Jak již bylo zmíněno, stěžejním výkresem grafické části je Hlavní výkres. Obsah hlavního výkresu je definován ve vyhlášce č. 500/2006 Sb. (vyhláška ÚAP)⁵⁴. Podle této vyhlášky obsahuje mimo jiné i členění ploch s rozdílným způsobem využití (dále „RZV“) a koncepci veřejné infrastruktury včetně vymezení ploch a koridorů pro dopravní a technickou infrastrukturu, ploch a koridorů pro územní rezervy. V případě potřeby lze koncepci veřejné infrastruktury zpracovat v samostatných výkresech (odpovídá výkresu dopravní koncepce).

Pro vyjádření urbanistické koncepce uspořádání krajiny slouží tyto základní jevy (tučně jsou označeny jevy stěžejní pro dopravní modelování):

- o **vymezení ploch s rozdílným způsobem využití,**
- o **vymezení ploch a koridorů pro územní rezervy,**
- o vymezení zastavěného území,
- o vymezení zastavitelných ploch,
- o vymezení ploch přestavby,
- o vymezení ploch změn v krajině. [31, s. 12]

Vyjádření koncepce veřejné infrastruktury je navíc doplněno vymezením ploch a koridorů pro dopravní a technickou infrastrukturu. Koridory jsou vyjádřeny jako:

- o koridor plošně vymezený,
- o koridor nad plochami RZV.

Pozn. V následujících odstavcích jsou stručně popsány první dva jevy z výše uvedeného dělení.

Plochy s rozdílným způsobem využití

Členění ploch RZV⁵⁵ poskytuje zcela základní informaci o jejich užívání. Současná praxe ukazuje, že nemalá část zpracovatelů územních plánů pokládá za nezbytné vyjádřit urbanistickou koncepci podrobnějším členěním těchto ploch a detailnější specifikací podmínek jejich využití. Plochy dopravní infrastruktury definuje vyhláška č. 501/2006 Sb.⁵⁶ [36] Plochy RZV se obvykle vymezují v případech, kdy využití pozemků dopravních staveb a zařízení, zejména z důvodu intenzity dopravy a jejich negativních vlivů, vylučuje začlenění takových pozemků do ploch jiného způsobu využití⁵⁷. Plochy silniční dopravy zahrnují zpravidla silniční pozemky dálnic, silnic I., II. a III. třídy a místních komunikací I. a II. třídy, které nejsou zahrnuty do jiných ploch. Součástí těchto ploch jsou i násypy zářezy, opěrné zdi, mosty ad. [31, s. 28]

⁵⁴příloha č. 7 odst. 4 písm. b) vyhlášky č. 500/2006 Sb.

⁵⁵ve znění § 4 až § 19 vyhlášky č. 501/2006 Sb.

⁵⁶§ 9 vyhlášky č. 501/2006 Sb.

⁵⁷§ 9 odst. 1 vyhlášky č. 501/2006 Sb.

Koridory

Koridor plošně vymezený je souvislý pás území, který je rezervován pro budoucí stavby a zařízení zejména dopravní infrastruktury. ÚP stanoví podmínky využití koridoru tak, aby umožnily umístění a realizaci záměru, pro který je určen.

Naopak koridor vymezený nad plochami s RZV je souvislý pás území, který je rezervován pro budoucí stavby a zařízení technické infrastruktury. ÚP stanoví podmínky využití plochy koridoru tak, aby umístování staveb ani změna způsobu využití neznemožnila nebo neztížila realizaci záměru. [31, s. 37]

Generel dopravy

Jedním z důležitých podkladů pro koncepci dopravy v rámci města je i Generel dopravy. Generel dopravy je strategický dokument, který v oblasti dopravy navazuje na územní plán města. Zároveň tvoří závazný rámec pro všechny následující dopravní projekty a stavby v území města. Obsahem generelu jsou zejména tyto části:

- **Analytická část** – Tato část obsahuje komplexní analýzu stávajícího stavu dopravy. Srhnuje všechny provedené podkladové průzkumy (např. směrové dopravní průzkumy pasport komunikací, územní studie, dotazníkové průzkumy) a dále je srovnává s ostatními strategickými dokumenty města. Slouží jako postup k návrhové části.
- **Návrhová část** – Navrhuje strategickou koncepci rozvoje dopravy, v níž stanovuje podmínky pro jednotlivé druhy dopravy (např. pěší, cyklistická, individuální automobilová i městská hromadná doprava). Vstupem pro tuto část je analytická část generelu, územní plán města, územní studie apod. Dokument je zpravidla zpracován pro několik časových horizontů, v nichž jsou rozlišena krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá řešení.

Generel dopravy stanovuje podmínky pro naplnění udržitelné dopravní infrastruktury.

- **Zlepšení mobility a dostupnosti města** – cílem je zlepšení dostupnosti všech cílů cest (školy, zaměstnání, služby, volný čas) pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace.
- **Zvýšení dopravní bezpečnosti a ochrany obyvatel** – cílem je rozšiřování dopravní infrastruktury s ohledem na splnění požadavků na bezpečnost provozu, snížení tranzitu nákladní dopravy centrem města spolu s návrhem doporčení na odstavné plochy vně města a zastavěného území, snížení intenzity automobilové dopravy v centrech měst.
- **Zvýšení účinnosti a efektivity přepravy osob a zboží** – cílem je zajištění podmínek pro intenzivnější využití prostředků VHD, zvýšení cestovní rychlosti a rozšíření služeb dopravního integrovaného systému.

- **Zvýšení kvality života ve městě** – cílem je rozvoj veřejných prostranství, snížení dopravní zátěže (zejména tranzitní dopravy), snížení negativních účinků na životní prostředí – snížení množství emisí výfukových plynů a hladiny hlukové zátěže z provozu na pozemních komunikacích.
- **Ekonomický a společenský rozvoj města** – cílem je zajištění udržitelné dopravní infrastruktury pro územní rozvoj v oblasti bydlení a podnikání, snížení dopravní poptávky po individuální automobilové dopravě s využitím managementu mobility.
- **Zlepšení image města** – cílem je zvýšení atraktivity města, zvýšení potenciálu cestovního urchu a propagace udržitelné dopravy. [37]

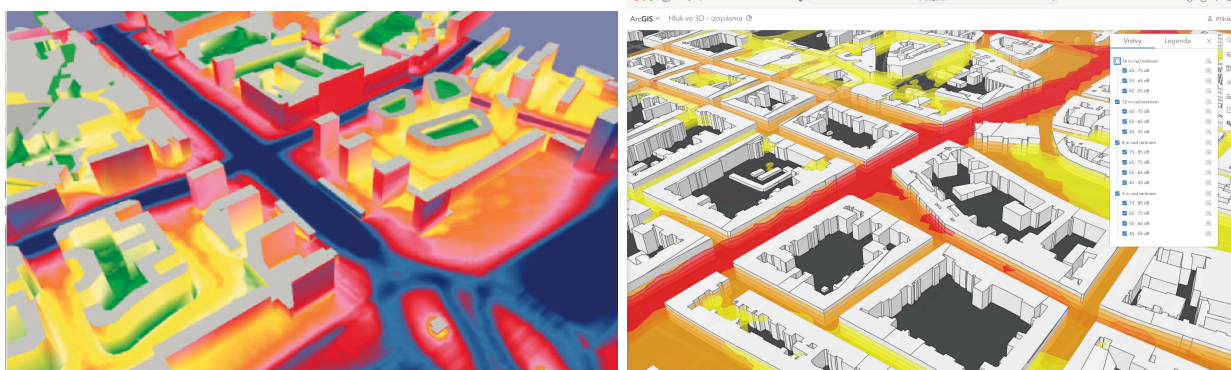
1.3.3 Vliv dopravy na územní plánování

V následujících odstavcích jsou krátce zmíněny dva vlivy, které mají negativní dopravní přesah do územního plánování.

Dopravní hluk

Dopravní hluk se v posledních desítkách let stal hlavním zdrojem hlukového obtěžování v mnoha zemích světa. Zdrojem hluku je zejména zvuk motoru dopravního prostředku a tření mezi vozidlem a vozovkou. Výše hluku emitovaného dopravním proudem závisí převážně na jeho intenzitě, rychlosti a podílu nákladních vozidel. U zkoumání jednotlivých vozidel je pak třeba postihnout parametry motoru a pneumatik. [38, s. 16]

Důležitým dokumentem pro výpočet hlukových emisí produkovaných dopravou je publikace TP 219: Dopravně inženýrská data pro kvantifikaci vlivů automobilové dopravy na životní prostředí. [39]



(a) 3D hluková mapa Paříže [40]

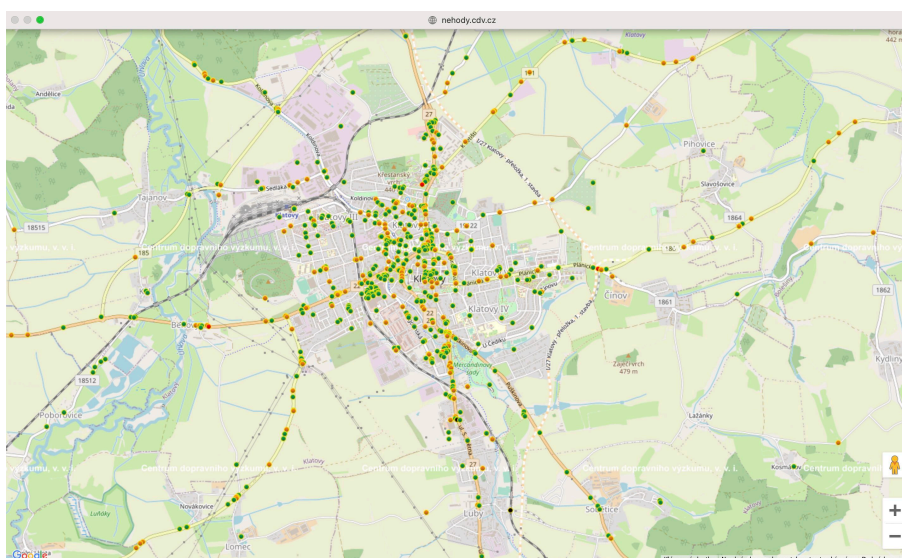
(b) Hluková mapa Plzně – izopásma [41]

Obrázek 1.6: Hlukové hladiny v městské zástavbě

Informace o množství dopravního hluku pak může mít pozitivní vliv na rozhodování o volbě tras tranzitní dopravy, výstavbě nových silničních úseků, které hluk odvedou (obchvaty) ad.

Nehodovost na silnicích

Z pohledu dopravy, jejího plánování a udržitelnosti je velmi důležitá znalost nehodovosti na území města. Z pohledu bezpečnosti je nejdůležitější předcházet nehodám s těžkými následky na zdraví a úmrtím. Obrázek 1.7 zobrazuje mapové výstupy policejních statistik nehodovosti⁵⁸



Obrázek 1.7: Mapa dopravních nehod od 1. 8. 2017 do 1. 8. 2022 – bez zranění, lehké zranění, těžké zranění, smrtelné zranění [42]

Na základě informací o příčinách dopravních nehod lze navrhnout konkrétní řešení nápravy. Nehody se řadí mezi příčiny neopakující se kongesce, přesto může analýza nehodových míst ukázat na místo s vysokou četností dopravních událostí. Vysoká četnost událostí navíc negativně ovlivňuje kvalitu života na objízdných trasách (emise, hluk, vyšší intenzita dopravy), je tedy důležité, aby územní plánování (skrze územní plánovače, odbory dopravy apod.) přinášelo možná opatření. Cílem opatření ke zvýšení bezpečnosti je návrh účinného a zároveň ekonomicky a časově přijatelného řešení pro zvýšení bezpečnosti všech účastníků silničního provozu. Opatřením může být například stavební úprava daného úseku (přidání retardérů, zúžení vozovky, výstavba světelné křižovatky), výstavba podchodů pro bezpečnější přecházení či přesměrování nákladní dopravy na jiné trasy.

⁵⁸Statistiky nehodovosti jsou k dispozici: <https://nehody.cdv.cz/statistics.php>

Příprava dopravního modelu pro tvorbu dopravních scénářů

Tato kapitola představuje vhléd do editace základního dopravního modelu do podoby vhodné pro práci s dopravními scénáři v územním plánování (scenáře samotné jsou pak rozvedeny v kapitole 3). Kapitola obsahuje v úvodu zdůvodnění, proč je nutné realizovat dále uvedené kroky a také definuje pojem dopravní scénář pro pochopení v další části práce. Poté jsou v kapitole uvedeny základní informace o městě, které slouží jako příklad pro praktickou část této práce. Stěžejní část kapitoly je věnována zpracování výchozího dopravního modelu a poté i jeho vizualizaci ve webové aplikaci. V závěru kapitoly je posuzována míra shody editovaného dopravního modelu s realitou pomocí GEH statistiky.

Důvody pro editaci základního dopravního modelu

Nejprve je nutné zmínit, že na počátku tvorby dopravního modelu je zapotřebí znát, pro jaký účel je dopravní model vytvořen. Na základě účelu (a tomu odpovídajících požadavků na výstupy z modelu) jsou definovány vstupní parametry modelu. [8, s. 24] Pro takto definovaný účel je vytvořený dopravní model validní. V případě, že je dopravní model převzatý a použitý pro jiný než původní účel, nemusí být poté validní. Z tohoto důvodu se nutné provést editaci dopravního modelu, aby pro nový účel byl opět validní.

Druhý důvod editace původního dopravního modelu navazuje na důvod první. Pro ukázkou dopravních scénářů v TraMod musí být upraven dopravní model na větší podrobnost, než byla nutná v případě původního dopravního modelu.

Vymezení pojmu dopravní scénář

Na tomto místě je nutné vysvětlit, co je v kontextu této diplomové práce myšleno pod pojmem dopravní scénář. Dopravní scénář lze v první řadě chápat jako stav dopravního modelu. V druhé řadě lze tento pojem chápat jako modelovou dopravní situaci jedné nebo více skutečných dopravních událostí, které mohou nastat při jízdě vozidlem, při plánovací

činnosti dopravních staveb nebo při zkoumání dopadů změn v zájmové oblasti. Dopravní scénář lze upravovat parametry modelu za účelem simulace dopadů dopravní situace.

Pozn.: Problematika dopravních scénářů byla již krátce zmíněna v Predikci na konci podkapitoly 1.1.3.

2.1 Volba vzorového města

Na počátku bylo nutné vybrat město, pro něž budou vznikat scénáře s ohledem na územní plánování. Pro tento účel vybral autor společně s vedoucím práce zástupce mezi malými (či středně velkými) městy v ČR, a to město Klatovy. Druhým důvodem výběru byl zájem klatovské městské architektky o problematiku dopravního modelování pro územní plánování měst. Tato diplomová práce vzniká jako jeden z výstupů této spolupráce.

Volba města Klatov se ukázala jako vhodná hned z několika důvodů: k dispozici byla data pro dopravní model města a zároveň znalost autora práce místní problematiky. Nadto město nechalo ve stejné době, ze které pochází vstupní data pro dopravní model, zpracovat i generel dopravy, který je vhodným zdrojem pro doplnění modelu.

2.2 Základní informace o městu Klatovy

Klatovy jsou okresní město v Plzeňském kraji ležící asi 40 km jižně od Plzně. Jedná se o druhé největší město v kraji s přibližně 22 tisíci obyvateli⁵⁹. Město založil okolo roku 1260 král Přemysl Otakar II.

Klatovy jsou významnou silniční křižovatkou. Z hlediska dopravních vztahů je silniční síť definována průtahy silnic I. a II. třídy procházející městem. V blízkosti centra se protínají dvě významné silnice I. třídy. Jedná se o silnici I/27, která vede severojižním směrem z Dubí přes Most a Plzeň na hraniční přechod Železná Ruda. V úseku Plzeň – Železná Ruda je vedena silnice jako evropská silnice E53. Druhou silnicí I. třídy je silnice I/22, která protíná město ve směru západ–jihovýchod a spojuje Domažlice, Klatovy, Strakonice a Vodňany. Zejména tyto dvě silnice přivádějí do města těžkou tranzitní kamionovou dopravu, která je zdrojem hluku a exhalací.

Na tyto komunikace navazují také silnice II. třídy. Silnice II/185 spojuje město Staňkov s Klatovy, na ni navazuje silnice II/186 směrem do Plánice. Poslední v tomto výčtu je silnice II/191, která spojuje z jihozápadu Klatovy s městy Janovice nad Úhlavou, Nýrsko a hraničním přechodem Svatá Kateřina. Severovýchodním směrem vede silnice na Nepomuk a Rožmitál pod Třemšínem.

⁵⁹k 1. 1. 2022 je dle ČSÚ počet obyvatel 21 587: <https://www.czso.cz/documents/10180/165603907/1300722203.pdf/de05fcca-74d5-40b6-bfa0-6a9825cfe369?version=1.1>

Pouze místní význam mají silnice III/11766 do Předslavi, III/18512 do Bezděkova, III/18515 do Drslavic přes Tajanov a III/19122 do Ostřetic.

Dlouhodobým problémem města je již zmíněná tranzitní doprava, která prochází středem města. V době tvorby této práce ale již probíhá výstavba obchvatu města, který odvede tranzitní dopravu v severojižním směru mimo centrum města.

2.2.1 Rešerše podkladů pro přípravu dopravního modelu a scénářů

Podklady pro přípravu dopravního modelu a dopravních scénářů pro město Klatovy lze dělit do tří skupin:

1. územní plán,
2. územní studie,
3. generel dopravy.

Územní plán Klatov

První skupinu podkladů tvoří Územní plán města Klatov. Stěžejní částí územního plánu pro potřebu přípravy dopravního modelu a následné tvorbě dopravních scénářů je text odůvodnění a částečně také text výrokové části. Kromě textové části obsahuje územní plán grafickou část, která dohromady čítá 9 výkresů a 3 schémata. Nejdůležitějšími výkresy pro přípravu dopravního modelu a dopravních scénářů jsou Hlavní výkres společně s Výkresem koncepce dopravy. Současný územní plán města prošel v posledních letech celkem dvěma změnami, poslední proběhla v roce 2021.

Územní studie

Druhou skupinu podkladů tvoří územní studie. Město Klatovy má schváleno v době dokončení této práce celkem pět územních studií veřejných prostranství:

- ÚS 1 Klatovy – Hradební okruh,
- ÚS 3 Klatovy – Plánické předměstí,
- ÚS 6 Klatovy – Jih,
- ÚS 6 Klatovy – Sever,
- ÚS 24 Klatovy – Údolí Drnového potoka.

Z těchto územních studií je pro tvorbu dopravních scénářů stěžejní ÚS 1 – Hradební okruh a ÚS 3 – Plánické předměstí. Využití těchto studií je více rozvedeno v kapitole 3. Kromě těchto územních studií se město Klatovy rozhodlo pořídit územní studii ÚS 26 – Větrovna a ÚS 7a – Klatovy – 5.května-Pod Mlékárnou. V neposlední řadě nechalo město dosud pořídit i tři dílčí územní studie, z nichž ale žádná není předmětem této práce.

Generel dopravy

Poslední skupinou podkladů je Generel dopravy města Klatov. Generel dopravy je strategický dokument v oblasti rozvoje dopravní infrastruktury, který identifikuje hlavní problémy a potřeby obyvatel města. Navrhuje také opatření, která vedou k naplnění dopravní politiky města.

Generel dopravy je rozdělen na analytickou a návrhovou část. V rámci analytické části byla provedena rešerše dopravní infrastruktury, na kterou navazuje analýza nehodovosti a analýza dopravy. Analýza dopravy obsahuje dopravní průzkumy, na něž navazují křižovatkové a směrové průzkumy. V dalších částech je řešen vývoj veřejné hromadné dopravy. Tato část je zakončena dotazníkovým průzkumem.

V rámci návrhové části se věnuje generel dopravy jednotlivým druhům městské dopravy podrobněji a navrhuje taková dílčí opatření, která mají reagovat na demografické a socioekonomické změny společnosti v oblasti městské dopravy. Opatření v návrhové části generelu dopravy sledují tři časové horizonty – roky 2025, 2035 a 2045.

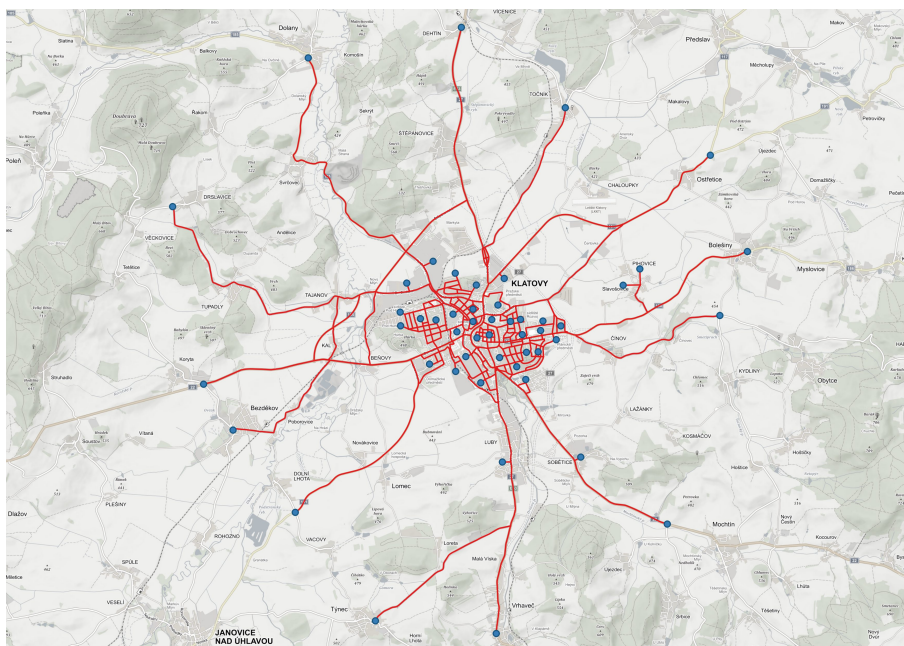
2.3 Základní dopravní model

Základní model pro použití v nástroji TraMod⁶⁰ pro město Klatovy poskytla firma EDIP, s. r. o. Dopravní model pochází z SW Omnitrans, který slouží pro tvorbu modelů dopravních sítí a simulace v dopravě používající moderních technik a metod.⁴³ Vstupní data pro dopravní model byla převzata z analytické části Generelu dopravy Klatov, které předcházely dopravní průzkum IAD v roce 2020. Další část informací pochází z průzkumu tranzitní dopravy z roku 2018, oba zmíněné průzkumy provedla společnost Projekce dopravní Filip, s. r. o.

Základní model obsahuje celkem 3 různé druhy vstupů:

- silniční síť,
- generátory dopravy,
- matice přepravních vztahů (dále také „OD matice“).

⁶⁰nástroj je detailně popsán v podkapitole 2.5



Obrázek 2.1: Vizualizace základního dopravního modelu – silniční síť a generátory dopravy.

Výchozí stav obsahuje celkem 50 generátorů dopravy, 405 silničních úseků a 3 matice přepravních vztahů, každá odpovídá jedné kategorii motorových vozidel: osobní vozidla, lehká nákladní a těžká nákladní vozidla. Rozdělení jednotlivých typů motorových vozidel do kategorií použitých v základním dopravním modelu od firmy EDIP ukazuje Tabulka [2.1](#). Kategorie vozidel vychází z kategorizace použité v případě Celostátního sčítání dopravy. Tyto kategorie jsou dále sloučeny, podrobněji sloučení popisuje podkapitola [2.4.3](#).

Kategorie motor. vozidel	Typy motorových vozidel
O – Osobní vozidla	O – Osobní a dodávková vozidla bez přívěsů i s přívěsy M – Jednostopá motorová vozidla
LN – Lehká nákladní vozidla	LN – Lehká nákladní doprava (užitečná hmotnost do 3,5 t) bez přívěsu i s přívěsy
TN – Těžká vozidla	SN – Střední nákladní vozidla (užitečná hmotnost 3,5 – 10 t) bez přívěsů SNP – Střední nákladní vozidla (užitečná hmotnost 3,5 – 10 t) s přívěsy TN – Těžká nákladní vozidla (užitečná hmotnost nad 10 t) bez přívěsů TNP – Těžká nákladní vozidla (užitečná hmotnost nad 10 t) s přívěsy NSN – Návěsové soupravy nákladních vozidel A – Autobusy AK – Autobusy kloubové TR – Traktory bez přívěsů TRP – Traktory s přívěsy

Tabulka 2.1: Sloučení typů motorových vozidel do kategorií v základním dopravním modelu

2.4 Editace základního dopravního modelu

Dříve než se základní dopravní model upraví do datové struktury TraMod, je nutné provést kontrolu modelu. Kontrola dopravního modelu zahrnuje několik dílčích kroků. V následujících podkapitolách jsou uvedeny možné editace základního dopravního modelu na konkrétních příkladech.

2.4.1 Editace nesouladu dopravního modelu a reality

V prvním kroku editace dopravního modelu je nutné ověřit, do jaké míry dopravní model odpovídá realitě. Kontrolu je možné provádět v následujících dílčích krocích:

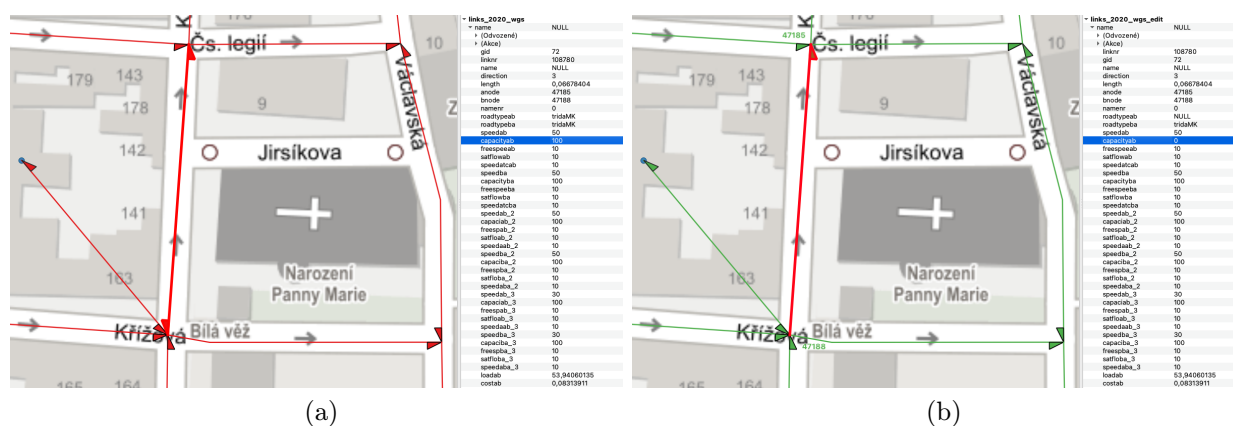
- kontrola počtu směrů pro daný silniční úsek,
- kontrola nastavení maximální rychlosti pro silniční úsek,
- kontrola, zda model obsahuje všechny důležité silniční úseky,
- kontrola, zda model obsahuje pouze existující silniční úseky,

- o kontrola, zda model obsahuje pouze podstatné silniční úseky vzhledem k účelu modelu.

Zdrojem informací pro jednotlivé kontroly je místní znalost autora práce a srovnání s mapovou aplikací. Vhodnou volbou je použití OSM, případně dopravní mapy od Mapy.cz, které obsahují potřebné informace o jednosměrných a obousměrných úsecích komunikace. Důsledek kontroly je realizace změn v dopravním modelu skládající se z několika možných základních operací, které jsou představeny v následujících odstavcích.

Úprava hodnoty atributu

Úprava hodnoty atributu je vyústěním výsledků kontroly, která odhalila rozdíly původního dopravního modelu a reality. Odlišnosti vyplývají z účelu, pro který je dopravní model vytvořen. Rozdíl v hodnotě atributu tedy může být způsoben příliš velkým detailem, který je vzhledem k povaze modelu zanedbán. Splnění účelu dopravního modelu tedy není podmíněno přesnou znalostí konkrétní hodnoty pro daný prvek (generátor, úsek silniční sítě). Hodnoty atributů se mění například v případě, že původní model měl odlišně nastavené hodnoty rychlosti v úsecích či obsahoval informace o odlišném počtu směrů. Obrázek 2.2 ukazuje situaci jednosměrného úseku, který je v modelu uvedený jako obousměrný. Kapacita se v neprůjezdném směru nastaví jako nulová.



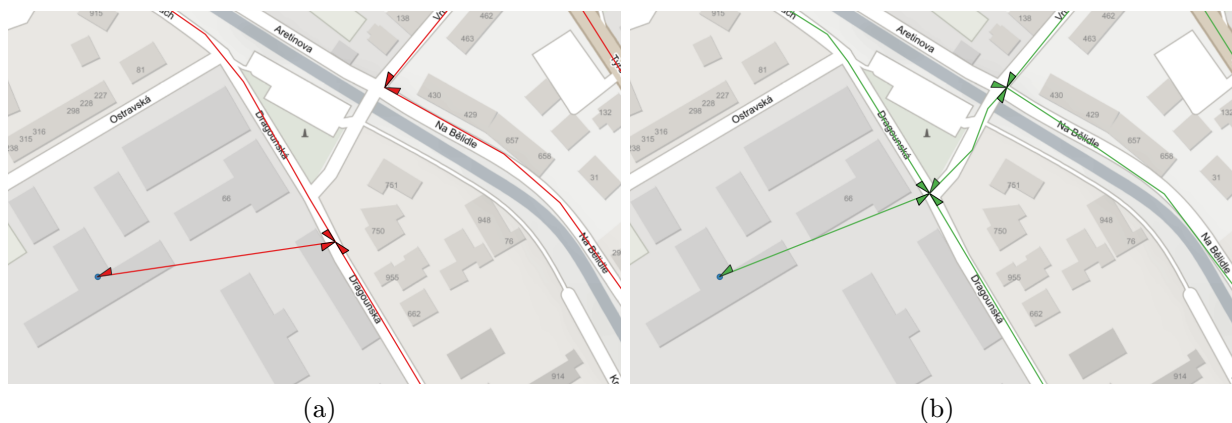
Obrázek 2.2: Oprava obousměrného úseku na jednosměrný. a) původní stav, b) editovaný stav

Přidání nového úseku

Přidání nového úseku vyplývá z potřeby doplnit dopravní model o úseky, které jsou důležité v rámci silniční sítě. Přidání se realizuje dvojím způsobem. První možností je napojení nového úseku na silniční síť v místě již existujícího uzlu (reprezentant křižovatky). Druhou možností je napojení nového úseku na silniční síť v místě, kde žádný uzel není, je tedy nutné provést rozdělení stávajícího úseku. V místě rozdělení tedy vzniká nový uzel. Obrázek 2.3

2 Příprava dopravního modelu pro tvorbu dopravních scénářů

ukazuje přidání nového úseku ulice Vrbova, které způsobí rozdělení úseku ulice Dragounská. V některých případech se stává, že změna modelu vyvolá potřebu další editace. Zde jde o možnost úpravy úseku napojení generátoru na síť v místě nového uzlu, které způsobí zrušení původního napojení (zrušení dále rozebráno v následujícím odstavci).



Obrázek 2.3: Přidání nového úseku. a) **původní stav**, b) **editovaný stav**

Zrušení úseku

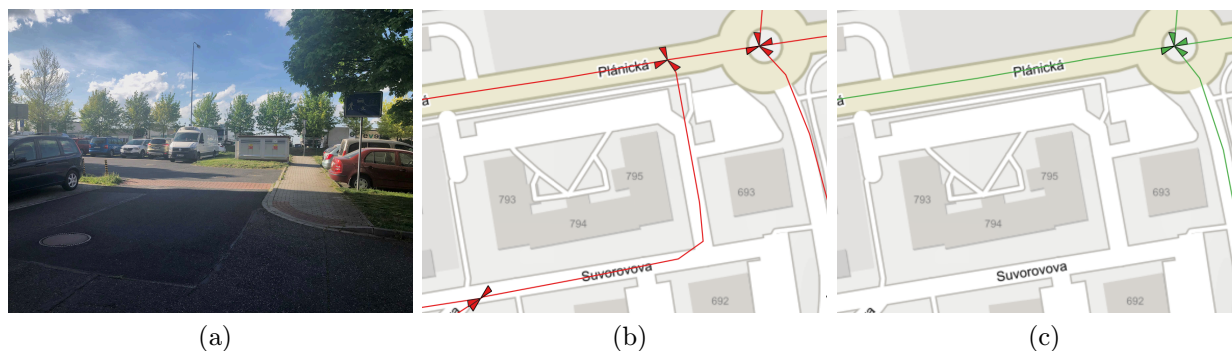
Zrušení úseku je vyústěním kontroly, která odhalila nepodstatný úsek pro daný účel dopravního modelu nebo úsek, který ve skutečnosti neexistuje. Nepodstatným úsekem se myslí část komunikace, která spadá zejména mezi účelové komunikace⁶¹, případně mezi méně důležité pozemní komunikace. Typickým příkladem rušené komunikace jsou příjezdové cesty v rámci sídlišť, které nemají žádný jiný účel než napojení na ostatní silnice a místní komunikace. Obrázek 2.4 zobrazuje jeden z příkladů účelové komunikace, která byla z modelu vyňata.



Obrázek 2.4: Odstranění účelové komunikace. a) **skutečný stav**, b) **základní dopravní model**, c) **editovaný dopravní model**

⁶¹Účelová komunikace je podle § 7 Zákona o pozemních komunikacích (13/1997 Sb.) označení pro kategorii pozemních komunikací, které slouží ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků.

Druhý případ se týká rušení úseku, který ve skutečnosti neexistuje. Obrázek 2.5 zobrazuje jeden z příkladů neexistující komunikace, která byla z modelu vyňata.



Obrázek 2.5: Odstranění neexistujícího úseku z dopravního modelu. a) skutečný stav, b) základní dopravní model, c) editovaný dopravní model

Závěrečnou náležitostí rušení úseku je sloučení úseků komunikace, na které se rušený napojoval. Sloučení se neprovádí v případě, že i po zrušení úseku nadále existuje v místě napojení křižovatka z jiných úseků.

Editace tvaru geometrie silniční sítě

Poslední provedenou dílčí úpravou byla editace tvaru geometrie silniční sítě. Přesnost tvaru silniční sítě je ovlivněna kvalitou zpracování vstupních dat, která je dána zvolenou podrobností vzhledem k původnímu účelu dopravního modelu. Na obrázku 2.6 je ukázka editace tvaru geometrie silniční sítě.

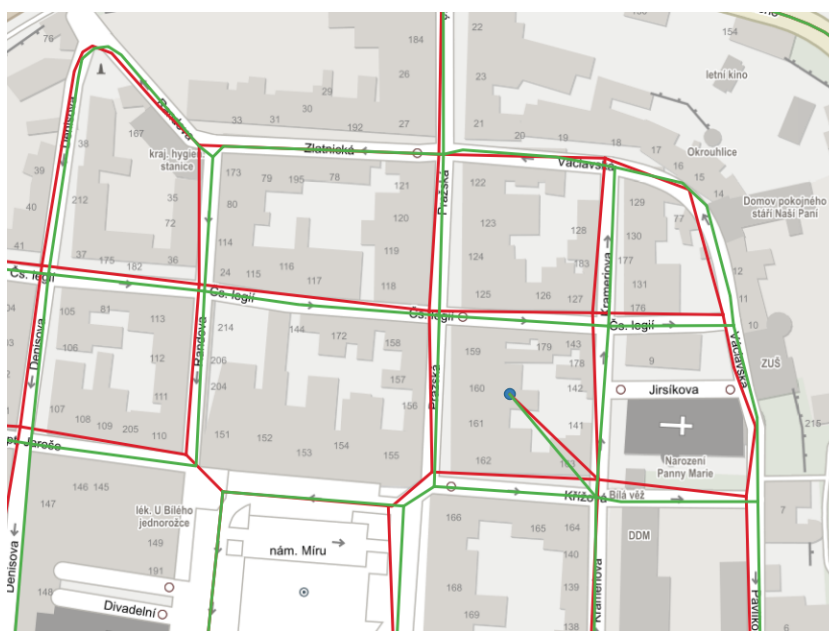
2.4.2 Kontrola a úprava topologie

Neméně důležitým v procesu editace je kontrola topologie. V případě, že není jisté, zda je základní model topologicky čistý, je nutné nejprve provést jeho kontrolu.

Pro potřebu kontroly topologie dopravního modelu se nabízí hned několik topologických pravidel, které je možné využít k definování vhodných prostorových vztahů. Pro silniční síť je vhodné použít následující pravidla:

1. **Nesmí mít volné konce** – Silniční síť je tvořena propojenými segmenty. V případě slepých ulic nebo napojení generátorů dopravy na dopravní síť je žádoucí ošetřit situaci výjimkou. Toto pravidlo platí jak pro generátory dopravy v rámci města, tak pro generátory tranzitní dopravy na okraji modelu.
2. **Nesmí se překrývat ani protínat** – Žádné linie v rámci jedné třídy prvků by se neměly překrývat ani protínat. Toto pravidlo jako jediné neplatí pro tento dopravní model, protože v případě obousměrných úseků leží geometrie na sobě. Řešením je tedy zavedení výjimky překrývání. Výjimkou z protínání jsou pak například mimoúrovňová křížení.

3. **Nesmí překrývat samy sebe** – V praxi nedochází k překrývání segmentů stejné linie.
4. **Musí mít jedinou část** – Silniční úsek (od uzlu k uzlu) musí mít nejvýše jednu část.



Obrázek 2.6: Editace tvaru geometrie silniční sítě v centru města – původní dopravní síť a nová dopravní síť.

Pro kontrolu generátorů dopravy je vhodné volit topologická pravidla, která definují vztahy mezi dvěma třídami prvků (např. se silniční sítí):

1. **Body musí ležet na liniích** – Generátory dopravy a křižovatky (dopravní uzly) musí vždy ležet na silniční síti.
2. **Musí být pokryty koncovými body** – Body reprezentující křižovatky musí souhlasit s konci úseku silniční sítě. Toto pravidlo eliminuje body, které nejsou koncovými body úseku.
3. **Body se nesmí navzájem překrývat** – V praxi nedochází k překrytí křižovatek (dopravních uzlů) či k překrytí generátorů dopravy.

2.4.3 Editace matice přepravních vztahů

Při editaci matic přepravních vztahů se autor zaměřil na řešení trojice překážek:

1. vstupní dopravní model obsahuje 3 matice přepravních vztahů,

2. matice přepravních vztahů nemá nulové diagonální prvky,
3. matice přepravních vztahů není symetrická.

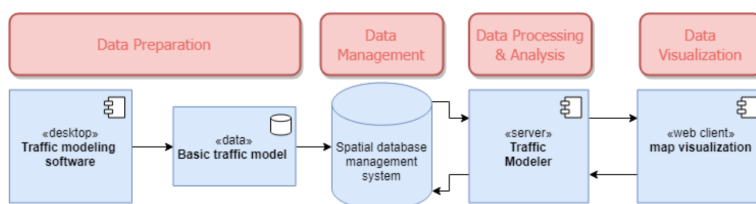
První překážkou byl počet tří matic přepravních vztahů v základním dopravním modelu. Struktura nástroje TraMod umožňuje uložit pouze jednu matici, proto se vybral nejvhodnější způsob, jak ideálně využít všechna poskytnutá data k dopravnímu modelu. Nejintuitivnější řešení je matice sečíst, tím vznikne jedna matice přepravních vztahů, která obsahuje informaci od všech typů vozidel.

Druhou překážkou byla skutečnost, že takto sečtená matice obsahuje velmi malé hodnoty diagonálních prvků (řádově 10^{-3}). Důvodem použití malých hodnot diagonálních prvků je lepší numerická stabilita kalibračního procesu dopravního modelu v SW OmniTRANS. Vzhledem k použití odlišného nástroje modelování dopravy (TraMod) je řešením počáteční nastavení nulové hodnoty diagonálních prvků.

Posledním řešenou překážkou byla asymetrie OD matice. Asymetrie vzniká obecně ze dvou důvodů. První z nich souvisí s kalibračním procesem. V případě použití matice denních intenzit mohou během kalibračního procesu vznikat malé rozdíly na příslušných pozicích v řádku a sloupci matice, neboť kalibrace není bezesbytková. Druhý důvod vychází z tvorby OD matic. OD matice charakterizuje počet cest ve špičkové hodině, která je nejčastěji ráno a odpoledne. Matice je pak nesouměrná podle toho, zda jde o ranní či odpolední špičkovou hodinu. Symetrii OD matice lze v tomto případě zajistit zprůměrováním sobě odpovídajících hodnot $A_{i,j}$ a $A_{j,i}$.

2.5 Traffic Modeller

Traffic Modeller (dále „TraMod“) je nástroj pro modelování dopravy vyvinutý ve spolupráci dopravních inženýrů, IT a GIS specialistů. Lze jej plně implementovat pro mobilní a webové aplikace, což vytváří příležitost pro představitele města, územní plánovače či městské architekty otestovat různé dopravní scénáře během několika sekund bez nutnosti instalace. Další nespornou výhodou nástroje je jeho jednoduchost ovládání, není tedy nutné mít znalost ovládání softwaru pro modelování dopravy. [44](#)



Obrázek 2.7: Postup zpracování dat v TraMod [45](#)

Postup zpracování dat v nástroji TraMod se člení do 4 komponentů. V rámci diplomové práce je řešeno první dva – editace základního dopravního modelu a uložení dat do potřebné struktury v prostorové databázi.

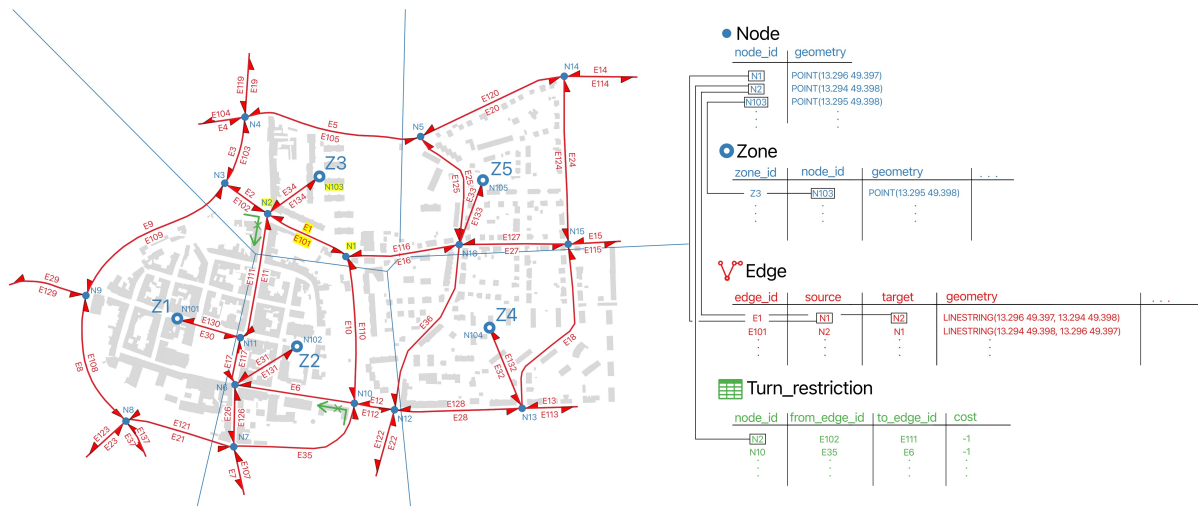
2.5.1 Datová struktura modelu v TraMod

Datová struktura dopravního modelu v TraMod se skládá celkem z pěti základních tabulek:

- **Edge** – tabulka hran,
- **Node** – tabulka uzlů,
- **Zone** – tabulka zón,
- **ODM** – tabulka matice přepravních vztahů,
- **Turn_restriction** – tabulka omezení odbočení.

Tabulka Edge obsahuje hrany, které reprezentují dopravní směr silničního úseku. Obousměrné silniční úseky se musí rozdělit na 2 hrany, jednosměrné úseky zůstávají beze změn. Řádek tabulky odpovídá silničnímu úseku v jednom směru. Tabulka Node pak obsahuje uzly, které reprezentují křižovatky a generátory dopravy. Třetí tabulkou je tabulka Zone, která obsahuje generátory dopravy. Tyto generátory například reprezentují blok budov, sídliště, průmyslové zóny nebo příjezdové cesty na okrajích dopravního modelu.

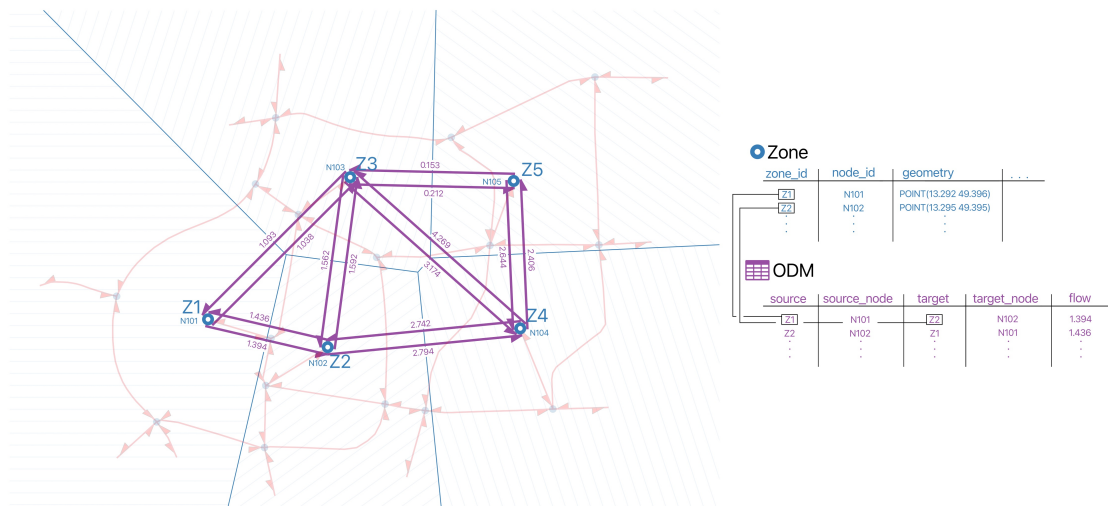
Tabulky ODM a Turn_restriction se od předchozích třech tabulek liší absencí geometrické složky. Tabulka ODM obsahuje matici přepravních vztahů, která byla součástí vstupních dat. Každý řádek tabulky odpovídá jednomu prvku $A_{i,j}$ matice přepravních vztahů. Poslední tabulkou v datové struktuře TraMod je tabulka Turn_restriction. Tato tabulka obsahuje omezení odbočení. Příkladem omezení odbočení je například zákaz odbočení z jednoho silničního úseku do druhého nebo časové omezení při odbočení vlevo.



Obrázek 2.8: Grafické schéma TraMod – tabulka Node, Zone, Edge a Turn_restriction

Popis jednotlivých tabulek v datové struktuře TraMod včetně atributů obsahuje Příloha [C](#). Dokumentace je napsána v anglickém jazyce a v nejbližší době se objeví v popisu datového modelu TraMod ve službě GitLab.

Obrázky [2.8](#) a [2.9](#) zobrazují vztahy mezi jednotlivými tabulkami včetně naznačení referencí atributů mezi tabulkami.



Obrázek 2.9: Grafické schéma TraMod – tabulka Zone a ODM

2.5.2 Úprava dopravního modelu do struktury TraMod

Posledním důležitým krokem přípravy dopravního modelu je jeho úprava do datové struktury TraMod. Popis této úpravy je více rozveden v následujících odstavcích.

Transformace souřadnicových systémů

Velmi důležitým a neopomenutelným krokem editace je transformace souřadnicových systémů. Datová struktura TraMod vyžaduje pro ukládání geometrie souřadnicový systém WGS 84 (EPSG:4326). V případě, že vstupními daty bude silniční síť a generátory dopravy pro území ČR, pak se dá předpokládat, že budou uložena v souřadnicovém systému S-JTSK (EPSG:5514). Je tedy nutné provést transformaci souřadnicového systému S-JTSK -> WGS 84. Realizace transformace je možná například v SW QGIS pomocí funkce *Změnit projekci vrstvy*. Alternativou pak může být transformace v SW ArcMap. Při transformaci je důležité zvolit vhodný transformační klíč. V tomto konkrétním případě je zvolen klíč *Inverse of Krovak East North (Greenwich) + S-JTSK to WGS 84 (1)*, neboť obsahuje zpřesňující transformační rovnice, které snižují chybu transformace v poloze maximálně na 1 m. [\[46\]](#)

Uložení dopravního modelu do databáze

Dalším krokem je již uložení transformovaného dopravního modelu do databáze. Softwarové řešení uložení dat do struktury TraMod je založeno na SŘBD PostgreSQL, respektive na jeho nadstavbě PostGIS. Jedná se o nadstavbu, která přidává podporu pro geoprvky. Výhodou tohoto přístupu je snadná manipulace s daty při editaci v SW QGIS, který lze propojit s konkrétní databází.

Uložení datové vrstvy silničních úseků a generátorů dopravy bylo realizováno pomocí utility **shp2pgsql** z distribuce PostGIS, která umožňuje přidat data skrz Terminál do požadované tabulky v databázi.

Naplnění tabulek datové struktury TraMod

Naplnění tabulek datové struktury TraMod začalo vyplněním tabulky Edge. Dříve, než bylo možné provést tento krok, bylo nutné vybrat relevantní atributy z tabulky silničních úseků. Příloha [B](#) obsahuje tabulku s atributy, které byly použity pro vyplnění tabulky Edge. Následně se musel vyřešit nesoulad datových typů mezi tabulkou silničních úseků a tabulkou Edge. Řešením je editace zdrojových dat v SW QGIS.

Samotné plnění tabulky Edge se muselo rozdělit na několik částí. V první části se postupně přidávaly obousměrné silniční úseky. Během tohoto úkonu bylo nutné pamatovat, že před přidáním opačného směru musí být splněny celkem čtyři podmínky. První podmínkou je změna hodnoty identifikátoru, bez níž by bylo porušeno entitní integritní omezení. Řešením je změna hodnoty původního identifikátoru o stejnou hodnotu, tím se částečně zachová informace o původní hodnotě identifikátoru. V tomto konkrétním případě se realizovala změna přičtením hodnoty 1000000. Druhou podmínkou je nutnost otočit geometrii hrany do druhého směru. Otočení realizuje funkce *ST_Reverse*, která obrátí pořadí lomových bodů úseku. Třetí a čtvrtá podmínka se týká atributů obsahující identifikátor počátečního a koncového uzlu. Pro opačnou hranu se musí tyto atributy prohodit. Poté se

přidají jednosměrné úseky, které se odlišují od obousměrných nulovou hodnotou kapacity v jednom ze směrů. U jednosměrných úseků se před přidáním ověřuje, který ze směrů má nastavenou nulovou kapacitu. V případě, že kapacita je nulová ve směru od počátečního ke koncovému uzlu, je nutné provést otočení geometrie a prohození počátečního a koncového uzlu. V opačném případě se žádná změna neprovádí. Poslední náležitostí je nastavení triggeru, který přepočítá atribut `cost`⁶² po změně atributu `speed`.

Ve druhém kroku došlo k naplnění tabulky `Node` pomocí funkce `pgr_createVerticesTable` z rozšíření `pgRouting`. Parametry této funkce jsou:

- název tabulky se silniční sítí,
- atribut obsahující geometrii jednotlivých silničních úseků,
- atribut obsahující identifikátor počátečního uzlu,
- atribut obsahující identifikátor koncového uzlu.

Ze znalosti hodnot těchto atributů dokáže funkce zrekonstruovat vrcholy sítě, které uloží do nové tabulky. Tato tabulka obsahuje nejen uzly odpovídající křižovatkám, ale i uzly na volných koncích odpovídající generátorům dopravy. Všechny prvky této tabulky se vloží do tabulky `Node`.

Ve třetím kroku se naplnila tabulka `Zone`. Tato tabulka obsahuje uzly odpovídající generátorům dopravy z tabulky `Node`. Na rozdíl od předchozích dvou tabulek se pro naplnění tabulky zón použila nejen tabulka silničních úseků, ale i data z matice přepravních vztahů. Z důvodu kombinace těchto dvou zdrojů byla naplnění realizováno pomocí třídy `zone.java`, která se nejprve připojila k databázi a poté importovala data matice přepravních vztahů z textového souboru.

Pro naplnění tabulky matice přepravních vztahů se použil stejný způsob jako v případě tabulky `Zone`. Tabulka matice přepravních vztahů první ze dvou tabulek ve struktuře `TraMod`, která neobsahuje geometrickou složku. Naplnění tabulky se realizovalo pomocí třídy `odm.java`, která se nejprve připojila k databázi a poté importovala data matice přepravních vztahů z textového souboru.

Pozn.: Obě zmíněné třídy jsou k nahlédnutí v příloženém nosiči.

V posledním kroku již zbývala vyplnit tabulka `Turn_restriction`, která obsahuje omezení v odbočení. Omezení v odbočení lze dělit do několika kategorií:

- zakázaná odbočení – v realitě řešeno zákazovou značkou,

⁶²Atribut `cost` se spočte jako podíl délky a rychlosti. Délka se určí pomocí funkce `ST_Length`.

- zpoždění v odbočení – způsobeno čekáním, než bude možné odbočit (např. odbočení vlevo, nebo čekání na světelné křižovatce).

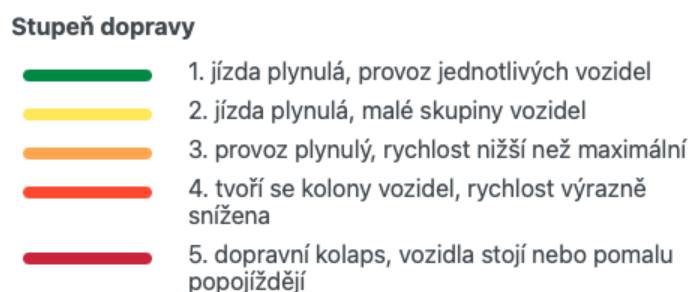
Naplnění tabulky probíhalo ruční editací v SW QGIS. Do tabulky se vyplňuje identifikátor uzlu (reprezentující křižovatku) a hran, z nichž jeden odpovídá výjezdové hraně a druhý vjezdové. Zmíněné kategorie pak rozlišuje atribut *cost*, který se pro zakázaná odbočení nastavuje -1 a pro zpoždění v odbočení jako čas v hodinách. Zdrojem pro realizaci naplnění této tabulky je zejména místní znalost autora práce. Druhým zdrojem je nástroj Panorama od Mapy.cz, který umožňuje prohlížet svislé dopravní značení.

Na závěr zpracování modelu do struktury TraMod se ještě přidají cizí klíče podle schématu v Příloze [C](#)

Pro takto upravený dopravní model se v dalším kroku provede přiřazení matice přepravních vztahů k silniční síti. V posledním kroku výpočtu dopravního modelu se provede kalibrace.

2.5.3 Vizualizace ve webové aplikaci TraMod

Dopravní model upravený do datové struktury TraMod lze vizualizovat ve webové aplikaci. Hlavní částí webové aplikace je mapové okno s vizualizací dopravního modelu. Vizualizace je řešena tzv. pentlogramem, což je z kartografického pohledu liniový kartodiagram. Tloušťka linie vyjadřuje hodnotu zobrazované hodinové intenzity dopravy, barevná škála pak vyjadřuje stupeň dopravy.



Obrázek 2.10: Stupeň dopravy

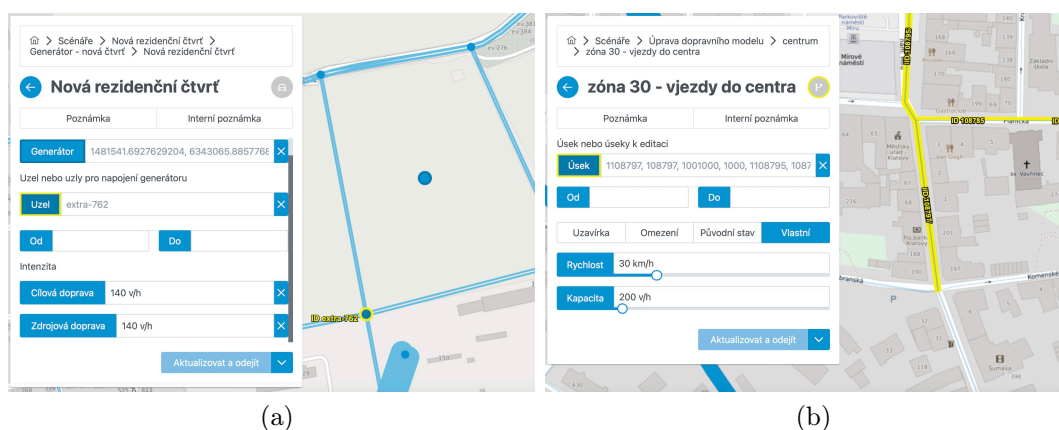
Dále je možné vyčíst informaci o hodinové intenzitě z popisku linie, případně kliknutím na konkrétní silniční úsek. Kromě barevné škály určující stupeň dopravy mohou mít silniční úseky černou barvu, a to v případě uzavření. Přerušovaná linie pak značí silniční úsek s omezením.

Jádrem webové aplikace TraMod je výpočet a vizualizace uživatelem definovaných dopravních scénářů. Postup pro vytvoření dopravního scénáře je následující: uživatel vytvoří dopravní scénář, který funguje jako „kontejner“ pro jednu nebo více dopravních událostí. Po vytvoření dopravního scénáře může uživatel vytvořit novou událost nebo importovat již

vytvořenou událost v rámci jiného dostupného scénáře. Při vytváření nové události uživatel vyplní název, případně připsí poznámku k události a poté kliknutím může vybírat z několika nástrojů:

- přidání nového úseku,
- editace úseku,
- přidání nového uzlu,
- editace uzlu,
- přidání nového generátoru dopravy,
- editace generátoru dopravy.

Uživatel má na výběr, zda chce zvolit časové omezení provádění události. Poté již může doplnit atributy (rychlost a kapacitu v případě úseku, zdržení u uzlu nebo intenzitu dopravy u generátoru). Hotovou událost pak může uložit a nechat celý dopravní scénář přepočítat. Celý proces je poté možné opakovat s pozměněnými parametry. Aby bylo možné lépe porovnávat různé dopravní scénáře, nabízí webová aplikace v pravém horním rohu vizualizaci pomocí diferenční dopravní mapy, která zobrazuje rozdíly v dopravním provozu. Modrou barvou je značen menší provoz pro provedení scénáře, červená barva značí provoz vyšší.



Obrázek 2.11: Ukázka dopravní události ve webové aplikaci TraMod. a) přidání nového generátoru, b) editace rychlosti v úseku

Takto vytvořený scénář je možné dále kopírovat nebo sdílet. Možnost sdílení je velmi důležitá hned z několika důvodů. Prvním důvodem je možnost ukázat výsledek dopravního scénáře i osobám bez uživatelského profilu (např. ukázka dopravních uzavírek pro veřejnost na webu města). Druhým důvodem je potřeba použití dopravního scénáře více uživateli, kteří řeší stejnou problematiku (např. územní plánovači v rámci jednoho odboru). V rámci sdílení je na výběr několik uživatelských rolí. Potřeba použití uživatelských rolí vychází

z reálného použití. Někteří uživatelé nepotřebují experimentovat s dopravním scénářem, ale pouze vidět výsledek (např. vodárny při plánování dopravní uzavírky z důvodu výměny potrubí).



Obrázek 2.12: Ukázka vizualizace ve webové aplikaci TraMod. a) výchozí dopravní model, b) dopravní model s dopravním scénářem, c) diferenční dopravní mapa

V neposlední řadě je nutné zmínit nástroj umožňující prohlížet dopravní scénář v konkrétní den a hodinu, což přidává aplikace na dynamičnosti. Z tohoto důvodu je možné použít nástroj pro zjištění časových změn, ať už v rámci dne, týdne nebo měsíce.

2.6 Posouzení míry shody dopravního modelu a reality statistickým nástrojem

Každý dopravní model by měl reprodukovat data odpovídající reálnému chování vozidel. Z tohoto důvodu je nutné podrobit dopravní model testu, který popíše míru shody s realitou.

Pro posouzení míry shody modelu s realitou lze použít některé tradiční statistické nástroje. Mezi nejčastěji používané patří statistika GEH⁶³. Vzorec pro výpočet g_{GEH} lze interpretovat jako geometrický průměr absolutní a relativní odchylky, pokud jsou odchylky zapsané následujícím způsobem:

$$g_{GEH} = \sqrt{\frac{2(m - c)^2}{m + c}}$$

⁶³zkratka označuje iniciály tvůrce statistiky Geoffrey E. Havers

- m hodinová intenzita dopravy z dopravního modelu,
- c hodnota hodinové intenzity reálného provozu. [47, s. 724]

Statistika je někdy označována jako forma χ^2 testu dobré shody, který ověřuje, zda má náhodná veličina nějaké určité rozdělení. [48, s. 20] Standardně se pro určení míry shody volí 2 prahy: 5,0 a 10,0. Hodnoty statistiky pod 5,0 se považují za dobrou shodu mezi modelovanými a pozorovanými intenzitami. Pokud je hodnota g_{GEH} mezi zmíněnými prahy, pak se vyžaduje podrobit výsledek prošetření. V případě, že hodnota g_{GEH} je větší než 10, existuje vysoká pravděpodobnost, že je problém buď s výpočtem intenzit, nebo se vstupními daty. [47, s. 724]

Mezi žádoucí vlastnosti GEH statistiky se řadí pokles relativní odchylky s rostoucím počtem pozorování. Mimo ni má GEH i několik problematických vlastností. První problematickou vlastností je neuskutečnitelnost jejího škálování, tedy prahové hodnoty je nutné upravit v závislosti na rozsahu hodnot vyhodnocovaného indikátoru. Druhou takovou vlastností je nevhodnost použití statistiky s prahovou hodnotou $g_{GEH} = 5$ pro denní intenzity z důvodu nejistoty posouzení adekvátnosti této volby. [47, s. 724, 725]

Pro určení míry shody se použijí kritéria z tabulky 2.2.

Kritérium	Popis kritéria	Hodnota kritéria
Hodinová intenzita	$g_{GEH} < 5$	> 85 % případů
Profilové intenzity s max. odchylkou 100 voz/h (pro intenzity menší než 700 voz/h)	$\sigma \leq 100$	> 85 % případů

Tabulka 2.2: Kritéria hodnocení modelu – přejato z [48, s. 20]

Zdrojem dat hodinových intenzit reálného provozu je Systém sběru informací o průjezdu a měření rychlosti vozidel na území Plzeňského kraje. Tento systém obsahuje množství dopravních kamer na hlavních silničních komunikacích, z nichž se generují denní a měsíční statistiky⁶⁴. Pro výpočet je nejprve nutné vybrat kalendářní týden v měsíci, ve kterém se provádí průzkumy dopravy a který není nijak dotčen faktory ovlivňující hodnoty hodinových intenzit. V rámci vybraného týdne se pro každé stanoviště vybírají tři po sobě jdoucí pracovní dny (úterý, středu a čtvrtek). Tento postup zaručí menší závislost výpočtu na konkrétním kalendářním dni a zároveň eliminuje rozdíly intenzit dopravy během pracovního týdne. Mezi faktory ovlivňující hodnoty hodinových intenzit se řadí:

- prázdniny,
- státní svátky,

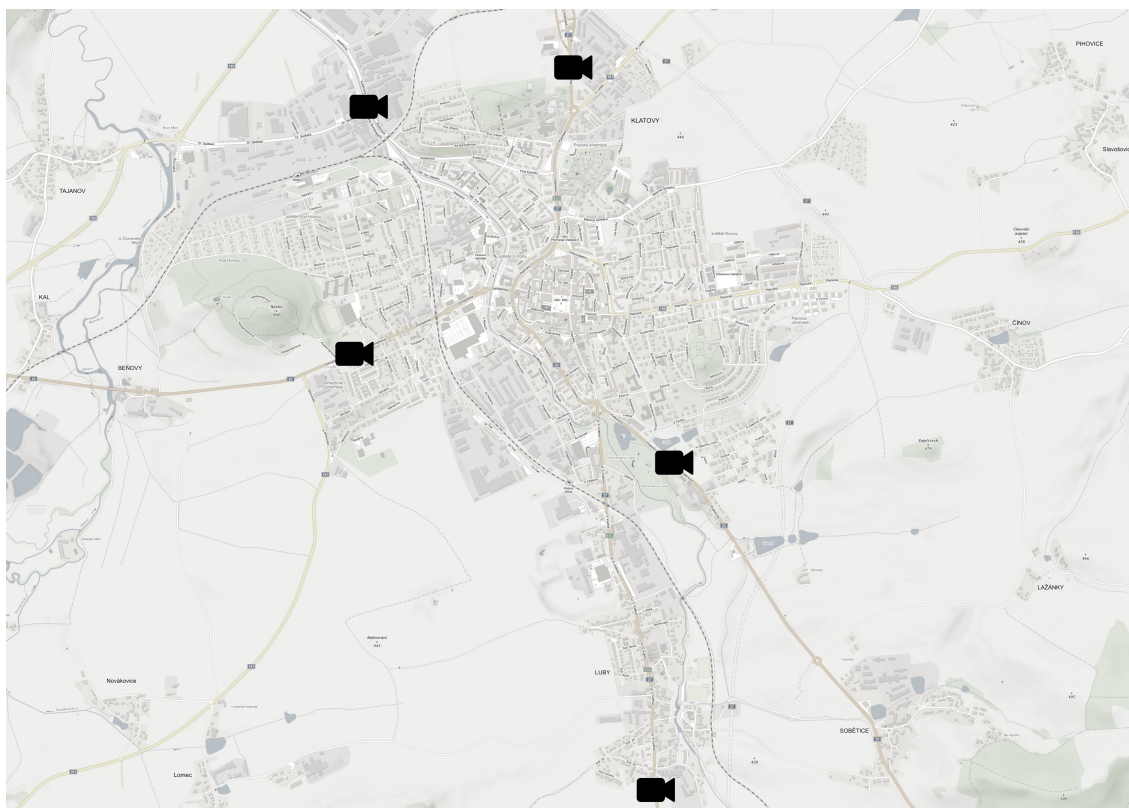
⁶⁴data z dopravních kamer jsou dostupná z: <http://doprava.plzensky-kraj.cz/pamArea/monthlyStatistics/name/klatovy?idPamDevice=210>

2 Příprava dopravního modelu pro tvorbu dopravních scénářů

- pořádání významných kulturních nebo sportovních událostí,
- uzavírky a dopravní omezení na okolních komunikacích.

Vzhledem ke covidové situaci v minulých letech bylo nutné spíše vybírat týden v letošním roce. Nakonec byl vybrán 1. dubnový týden roku 2022 (od pondělí 4. 4. do neděle 10. 4.), protože splňoval podmínku pro měsíc, ve kterém dochází k průzkumu dopravy a není zatížen více faktory. V neposlední řadě pak pro vybrané dny existují data na více stanovištích. Stanoviště, pro která existují data jsou:

- Domažlická, ve směru od Domažlic,
- Plzeňská, ve směru z centra,
- Koldinova, ve směru od Dolan,
- Puškinova, ve směru od Horažďovic,
- 5. května, ve směru od Železné Rudy.



Obrázek 2.13: Poloha stanovišť

2.6 Posouzení míry shody dopravního modelu a reality statistickým nástrojem

Pro tyto stanoviště byly postupně spočteny průměrné hodinové intenzity dopravy z reálných dat i z dopravního modeláře. Jednotlivé dílčí hodnoty jsou k dispozici v příloze [D](#). Tyto hodnoty jsou vstupem pro výčet statistiky GEH i pro určení maximální odchylky intenzit. V tabulce [2.3](#) jsou uvedeny výsledky GEH statistiky pro hodinové intervaly na jednotlivých stanovištích.

Čas	Domažlická	Plzeňská	Koldinova	Puškinova	5. května
0:00 – 1:00	1,00	1,47	3,52	0,51	1,21
1:00 – 2:00	0,97	0,07	2,21	0,44	0,71
2:00 – 3:00	0,25	1,89	1,00	0,88	1,48
3:00 – 4:00	1,03	0,41	0,73	1,20	4,96
4:00 – 5:00	0,61	2,72	0,57	0,67	2,38
5:00 – 6:00	1,26	1,01	4,20	1,66	4,10
6:00 – 7:00	2,71	4,79	2,56	0,24	3,40
7:00 – 8:00	2,11	8,65	6,15	1,90	3,81
8:00 – 9:00	1,10	7,96	4,40	4,49	1,91
9:00 – 10:00	1,03	6,85	4,19	4,27	1,28
10:00 – 11:00	1,90	7,26	5,92	3,52	1,99
11:00 – 12:00	2,60	5,63	5,01	5,53	0,45
12:00 – 13:00	1,12	5,12	5,09	4,87	0,52
13:00 – 14:00	0,19	5,02	6,99	3,68	1,06
14:00 – 15:00	3,00	4,44	12,19	5,73	1,29
15:00 – 16:00	2,56	4,56	10,51	8,42	0,32
16:00 – 17:00	1,71	7,05	4,36	8,00	1,30
17:00 – 18:00	2,73	6,86	0,15	7,66	0,94
18:00 – 19:00	4,73	9,09	1,93	7,31	2,70
19:00 – 20:00	3,95	8,14	3,15	5,44	2,55
20:00 – 21:00	5,21	5,90	4,13	7,22	3,61
21:00 – 22:00	5,48	4,91	2,78	6,48	3,03
22:00 – 23:00	0,58	4,14	0,26	6,27	3,50
23:00 – 24:00	0,66	3,42	2,09	4,74	1,75

Tabulka 2.3: Srovnání GEH statistiky pro vybraná stanoviště. $g_{GEH} < 5$, $5 \leq g_{GEH} < 10$, $g_{GEH} \geq 10$.

Z výpočtu je patrné, že stanoviště v ulici 5. května a v Domažlické ulici splňují obě navržená kritéria, stanoviště v ulici 5. května dokonce ve všech hodnotách. Opačná situace je pak v případě stanovišť v Plzeňské a Puškinově ulici. Stanoviště v Puškinově ulici vykazuje hodnoty $g_{GEH} > 5$ během odpolední dopravní špičky z důvodu dopravní uzavírky na silnici I/22 v obecní části Sobětice. Stanoviště v Plzeňské ulici vykazuje ve směru z centra překročení stanovené hodnoty kritéria GEH v dopolední i odpolední špičce. Toto překročení je důsledkem uzavírky v obecní části Štěpánovice, jež započala 1. dubna. Tato uzavírka také způsobila, že řada řidičů volí objíždnou trasu směrem do Klatov ve směru od Dolan.

Na stanovišti v Koldinově ulici došlo k překročení kritéria GEH během dopoledních hodin a na počátku odpolední špičky. U dvou hodnot je dokonce překonána hodnota 10 v důsledku velkých rozdílů očekávaných a skutečných hodnot hodinové intenzity reálného provozu. Tuto hypotézu podporuje i výsledek kritéria maximální odchylky. Tato odchylka je překročena pouze ve dvou hodinových intervalech, které odpovídají zmíněnému překročení hodnoty 10 ve statistice GEH. Dochází zde k rozporu s editovaným modelem, proto by měla být tato odchylka z dalšího zpracování vyloučena.

V tabulce [2.4](#) je pak k dispozici shrnutí výsledků obou testovaných kritérií.

ulice	GEH	σ
Domažlická – směr od Domažlic	≈ 91,7 %	100 %
Plzeňská – směr z centra	50 %	62,5 %
Koldinova – směr od Dolan	≈ 70,8 %	≈ 91,7 %
Puškinova – směr od Horažďovic	≈ 58,3 %	≈ 79,2 %
5. května – směr Železné Rudy	100 %	100 %

Tabulka 2.4: Shrnutí výsledků pro vybraná stanoviště

Celkově se dá říct, že dopravní model po vyloučení stanovišť ovlivněných dopravní uzavírkou odpovídají realitě, přestože by bylo vhodné provést ještě další měření. Nutné je na tomto místě zmínit, že pro přesnější závěry by bylo nutné provést měření i centru města, aby byla posouzena míra shody vnitroměstské dopravy. Vzhledem k absenci sčítacích kamer uvnitř města není toto v době tvorby této práce možné.

Praktická ukázka dopravního modeláře v územním plánování

Tato kapitola představuje praktickou ukázkou dopravního modelování na několika dopravních scénářích. V první části kapitoly jsou nejprve popsány podklady pro námět dopravního scénáře a také popis editace dopravního modelu v rámci webové aplikace. Druhá část kapitoly obsahuje popis tvorby dopravních scénářů a jejich vizualizaci ve webové aplikaci TraMod pomocí liniového kartodiagramu.

3.1 Podklady pro námět dopravního scénáře

Na počátku tvorby dopravního scénáře stojí v mnoha případech myšlenka, „Co se stane, když...?“ Uživatel, který si takovou otázku položí, očekává, že použitý nástroj disponuje prostředky k realizaci původního námětu a dokáže odpovědět na otázku z ní vyplývající. Námět může obecně být myšlenka, soustava myšlenek, faktická událost aj. Námět uživatele stojící na počátku tvorby dopravního scénáře vychází ze znalostí, které mohou pocházet z různých podkladů. Podklady pro námět dopravního scénáře lze shrnout do následujících bodů:

- místní znalost problematiky,
- informace ze strategických dokumentů – územní plán, generel dopravy, územní studie apod.,
- informace v médiích.

Z rešerše těchto podkladů se provedl výběr relevantních informací pro ukázkou dopravního scénáře v územním plánování. Připravené scénáře reprezentují jednotlivé možnosti využití dopravního modeláře:

1. ukázkou dopravních dopadů územního plánování,

2. plánování činností týkající se dopravních staveb,
3. ukázka chování při dopravní komplikaci.

Do první skupiny řadíme například výstavbu nové obytné nebo průmyslové zóny. Zástupcem této skupiny je Scénář č. 1 – Rezidenční čtvrť v podkapitole [3.3](#).

Do druhé skupiny řadíme zejména výstavbu nových silničních staveb – obchvaty, dálnice apod. Zvláštní důraz je kladen na důležitost dopravní stavby z hlediska územního plánování. Ideálním zástupcem této skupiny je pro město Klatovy výstavba východního obchvatu města. Scénář je dále rozvíjen v podkapitole [3.4](#).

Do poslední skupiny řadíme ukázky předpokládaného chování řidičů během mimořádných dopravních událostí, které mají krátkodobý charakter. Zástupcem této skupiny jsou zejména dopravní nehody a krátkodobé uzavírky, které jsou způsobeny pořádáním kulturních a sportovních událostí či plánování uzavírek z důvodu oprav. Další podkategorie této skupiny pak mohou krátkodobé uzavírky jako důsledek údržby silniční komunikace či inženýrských sítí pod vozovkou. Pro ukázku z této skupiny byl vybrán nejvíce medializovaný případ dopravních nehod na území Klatov – nehoda tahače s návěsem se železničním mostem v ulici 5. května. Podrobněji scénář rozvíjí podkapitola [3.5](#).

3.2 Editace dopravního modelu v dopravním modeláři

Dříve než bude možné simulovat zmíněné scénáře, musí dojít k další editaci modelu. Během tvorby scénářů v dopravním modeláři se vyskytly případy, které základní dopravní model nepostihuje vzhledem ke svému původnímu účelu. Dopravní model od počátku neobsahuje informaci o klíčových vlastnostech jednotlivých úseků v rámci silniční sítě. Tyto vlastnosti zásadně ovlivňují charakter samotných úseků a mají vliv na rozhodování řidičů. Mezi tyto vlastnosti řadíme povrch, prostupnost komunikace a omezení rychlosti svislým dopravním značením. Obrázek [3.1](#) zobrazuje vybrané typy zmíněných vlastností. Z pohledu dopravního modelu mají tyto vlastnosti vliv na kapacitu úseku a rychlost. Dopravní model pracuje s maximální rychlostí v úseku, tedy nijak nereflakuje skutečnou rychlost, kterou se úsek dá projet. Zároveň s nižší skutečnou rychlostí klesá i kapacita úseku, tedy snižuje se počet vozidel, která jsou schopna projet úseku v daném čase.

Zdrojem informací pro editaci je stejně jako v případě editace základního modelu místní znalost a srovnání s vybranou mapovou aplikací. Jako vhodné se jeví použití Panorama od Mapy.cz nebo Street View od Google mapy. Neméně důležitým zdrojem mohou být i strategické dokumenty. Územní plán například poskytuje informace o umístění ploch bydlení, kde se dá očekávat množství automobilů na kraji silnice. Z územní studie lze například vyčíst plánované zklidnění dopravy v konkrétních úsecích.



Obrázek 3.1: Příklady editace v dopravním modeláři. a) kostková dlažba, b) stojící auta na okraji silnice, c) změna rychlosti v úseku

Zahrnutí všech zmíněných vlastností se realizuje pomocí dopravního scénáře, který obsahuje celkem čtyři dopravní události:

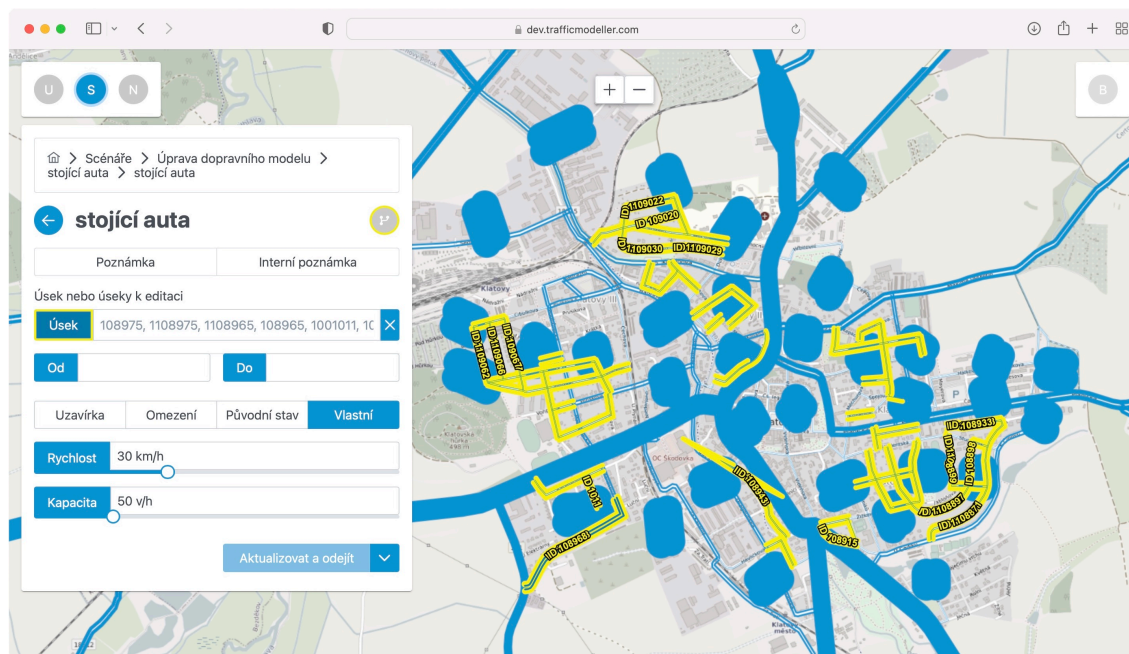
1. povrch úseku tvoří místo asfaltu (živice) kostková dlažba – kostky,
2. stojící auta na okraji silnice – stojící auta,
3. změna rychlosti v úseku – editace rychlosti (+ centrum).

*Pozn.: Dopravní událost týkající se editace rychlosti je ve skutečnosti rozdělena na 2 události. Dopravní událost **editace rychlosti** řeší situaci, kdy je nesoulad základního stavu dopravního modelu se skutečností. Dopravní událost **centrum** řeší omezení rychlosti jako návrhový stav (zóna 30). Kromě tohoto důvodu stojí za rozdělením i obsahový překryv dopravní události **centrum** a **kostky**. Dopravní událost **centrum** zároveň nepostihuje všechny dotčené úseky historického centra z důvodu zachování funkčnosti výpočtu na pozadí aplikace. Pokud by došlo k editaci všech výjezdových úseků z historického centra, pak by neproběhl přepočítání z důvodu zacyklení na generátorech uvnitř oblasti. Důsledkem je, že událost **centrum** může editovat nejvýše dva výjezdy z této oblasti.*

Výsledkem scénáře je pak upravený dopravní model, který přejímají všechny následující scénáře jako „základní“. Tato editace byla řešena v rámci dopravního modeláře z několika důvodů. Prvním důvodem bylo velké množství změn, které bylo potřeba provést a s tím související problém kumulace změn. U některých změn bylo nutné nejprve vidět, zda nepůsobí problémy ve výpočtu intenzit dopravy pro jednotlivé úseky. Druhým důvodem je

3 Praktická ukázka dopravního modeláře v územním plánování

vyšší uživatelská přístupnost editace změn v dopravním modeláři oproti SW QGIS, kde se editoval základní dopravní model. Třetím hlavním důvodem pak byla nemožnost provést změnu v SW QGIS, která by byla ihned propagována do dopravního modeláře.



Obrázek 3.2: Ukázka editace úseků se zaparkovanými auty na krajnici

Interaktivní ukázka dopravního scénáře ve webové aplikaci TraMod je dostupná na následujícím odkazu: [Editace dopravního modelu](#).

3.3 Scénář č. 1 - Rezidenční čtvrť

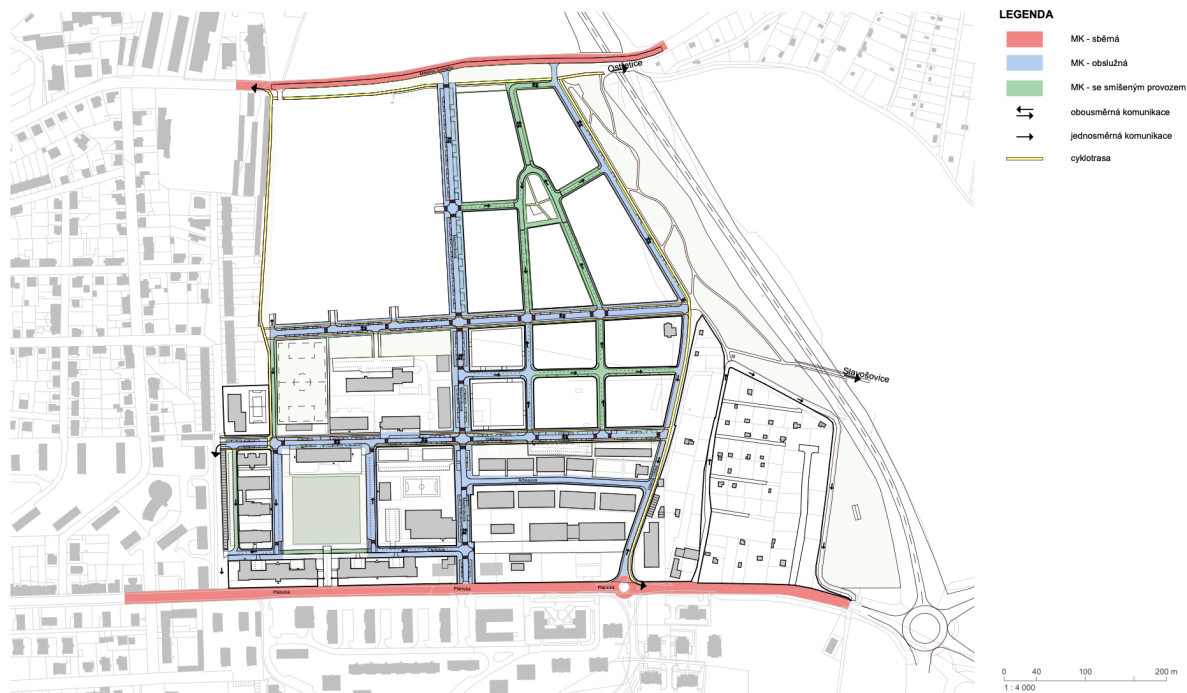
První dopravní scénář se týká výstavby nové rezidenční čtvrti v severovýchodní části města Klatov. Motivací pro tvorbu tohoto dopravního scénáře je možnost ukázat potenciál možné aplikace dopravního modelování v rámci činností územního plánování.

Zdroje informací pro tvorbu tohoto dopravního scénáře jsou následující:

- Územní plán Klatov – Hlavní výkres a Výkres koncepce dopravy,
- Územní studie č. 3 – Plánické předměstí (dále „územní studie“).

Hlavní výkres Územního plánu Klatov obsahuje základní informaci o prostorových vztazích v dané lokalitě včetně informace o úpravě lokality v rámci územní studie. Územní studie č. 3 pak informaci dále rozšiřuje o znalost navrhované uliční sítě, její napojení na stávající

silniční síť a její funkci. Mimo informací týkající se uliční sítě je tato územní studie zdrojem důležité informace o plánovaném počtu obyvatel v rámci rezidenční čtvrti.



Obrázek 3.3: Dopravní řešení zájmové oblasti [49, s. 51]

Dopravní scénář realizuje návrh nové rezidenční čtvrti v oblasti ohraničené ulicemi Maxima Gorkého, Machníková, Viléma Glose a Hálkova. Vlastní zpracování scénáře se dělí do několika dílčích událostí. Jak již bylo zmíněno, součástí dopravního scénáře je importovaný dopravní scénář reprezentující editaci dopravního modelu popsanou v předchozí podkapitole.

Pozn.: Všechny přidané úseky v tomto dopravním scénáři odpovídají obslužným místním komunikacím z územní studie, hodnoty parametrů silničního úseku se nastaví podle předdefinovaného typu „Obslužná“. Hodnota parametru rychlosti se oproti předdefinovanému typu nastaví na 50 km/h, kapacita 900 voz/h zůstává neměnná.

Dopravní scénář se skládá ze šesti dopravních událostí (dále „událost“). Dříve než bude možné přidat Machníkovu ulici jako nejdůležitější komunikaci v zájmové oblasti, musí dojít k úpravě některých stávajících úseků.

První událostí je tedy rozdělení Gorkého ulice pro potřebu budoucího napojení Machníkovy ulice. Událost se realizuje přidáním uzlu reprezentujícího budoucí křižovatku v Gorkého ulici. Poté je nutné stávající úsek Gorkého ulice uzavřít nastavením hodnoty parametru

3 Praktická ukázka dopravního modeláře v územním plánování

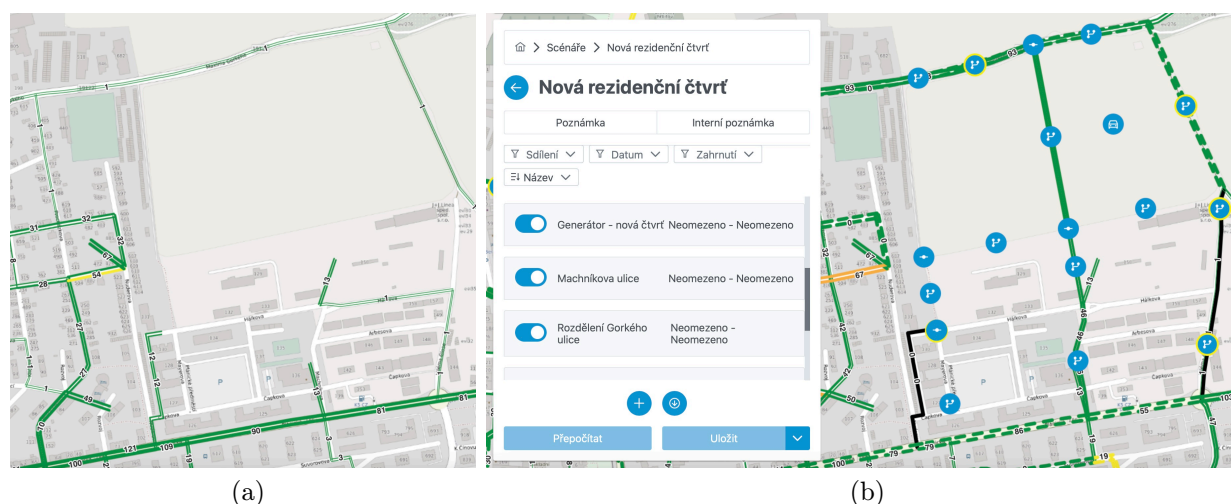
rychlost na 0 km/h a kapacity na 0 voz/h. Dále je možné přidat nové úseky Gorkého ulice, které se ze západu a východu napojí na nově vytvořený uzel. Hodnoty parametrů rychlost a kapacita se nastaví shodně s hodnotami původního úseku.

V druhé události se opakoval stejný postup i pro rozdělení Hálkovy ulice. Primárním výsledkem je přidání uzlu pro budoucí napojení silničního úseku. Sekundárním výsledkem události je plánované zjednosměrnění Mayerovy a Čapkovy ulice ve směru napojení na stávající silniční síť v Nuderově ulici.

Třetí událost je již zmiňované přidání Machníkovy ulice. Nejprve se provede napojení Machníkovy ulice jižním směrem na Plánickou ulici. Druhým krokem je vytvoření uzlu, který reprezentuje křižovatku, kde se kolmo kříží Machníkova ulice s nově plánovanou ulicí. Tato ulice je plánována v místě současné panelové zdi a podle územní studie má propojit Machníkovu ulici ze západu s Hálkovou ulicí a z východu s ulicí Viléma Glose. Druhým důvodem pro vytvoření uzlu je napojení generátoru dopravy na silniční síť. Poté zbývá napojit uzel na silniční síť, a to z jihu k již vytvořenému úseku v první události a ze severu ke Gorkého ulici.

V čtvrté události se realizuje přidání zmíněné plánované ulice, která propojuje Mayerovu ulici a ulici Viléma Glose.

V páté události dochází k úpravě ulice Viléma Glose na dvojici jednosměrných úseků podle územní studie, situace je zobrazena na Obrázku 3.3.



Obrázek 3.4: Nastavení dopravního scénáře – Nová rezidenční čtvrť. a) původní stav, b) výsledek dopravního scénáře

Poslední událost tohoto dopravního scénáře je přidání nového generátoru dopravy. Generátor dopravy je umístěn přibližně ve středu oblasti ohraničené ulicemi Viléma Glose,

Gorkého, Machníkova a Hálkova. Napojení generátoru na síť se realizuje na uzel odpovídající křižovatce Machníkovy a plánované ulice z čtvrté události. Poslední náležitostí je nastavení hodinové intenzity zdrojové a cílové dopravy. Výpočet hodnoty je představen v následujících odstavcích.

Výpočet hodinové intenzity generované dopravy

Při výpočtu hodinové intenzity generované dopravy rezidenční čtvrti vychází autor práce z předpokladu, že pochází pouze z cest generovaných automobilovou dopravou. Ostatní druhy dopravy pro tuto ukázkou budou generovat nulový počet cest.

Intenzita automobilové dopravy (IAD) se vypočte podle následujícího vzorce:

$$I_{IAD} = U \cdot k_{IAD} \cdot k_{MHD} \quad (3.1)$$

I_{IAD}	intenzita individuální automobilové dopravy (voz/den),
U	ukazatel území,
k_{IAD}	koeficient intenzity individuální automobilové dopravy na jednotku ukazatele U ,
k_{MHD}	koeficient vlivu kvality obsluhy MHD na intenzitu IAD. [50], s. 50]

Parametr ukazatel území U je univerzální pro více typů výpočtů, jeho definice je závislá na konkrétní kategorii území. Pro kategorii obytných území odpovídá parametr U počtu obyvatel. Údaj o počtu obyvatel v rezidenční čtvrti obsahuje územní studie, která stanovuje hodnotu až 1100 obyvatel. [49], s. 55] Hodnoty neznámých parametrů k_{IAD} a k_{MHD} se ve výpočtu intenzity IAD volí v závislosti na kategorii zástavby. Kategorie zástavby podle územní studie odpovídá individuální obytné zástavbě ve městě, proto k_{IAD} se volí jako nejčastější hodnota rovná 1,5. V této hodnotě je již započten i vliv kvality obsluhy MHD na intenzitu IAD. [50], s. 51]

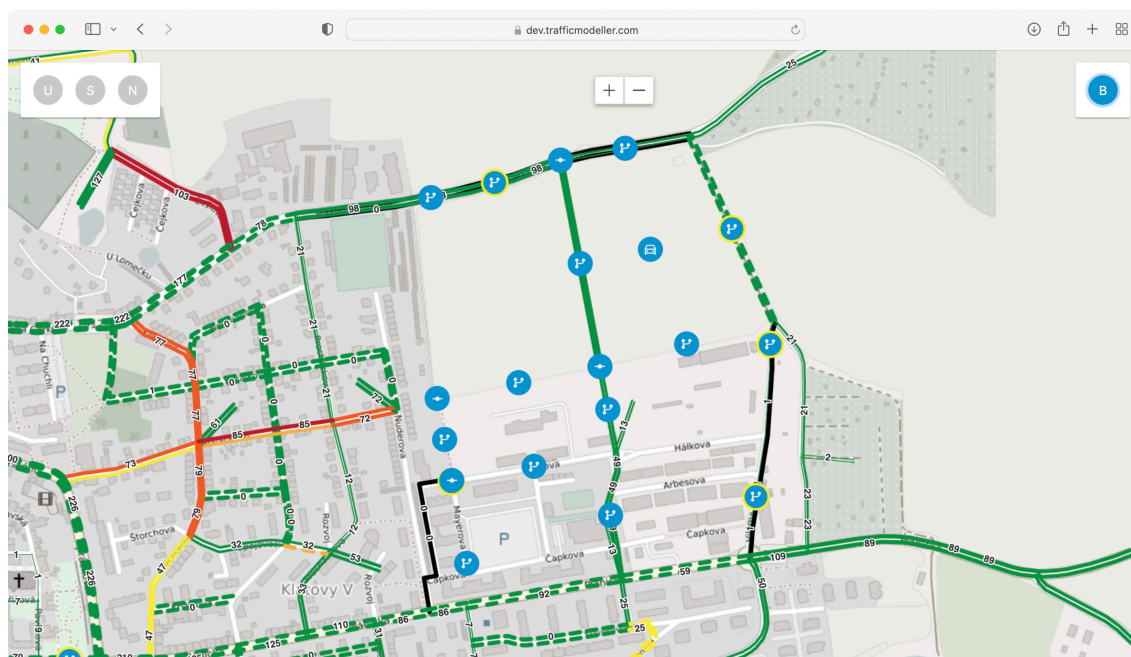
$$I_{IAD} = 1100 \cdot 1,5 = 1650 \text{ voz/den}$$

Takto vypočtená hodnota odpovídá denní intenzitě IAD. Pro přepočtení na hodinovou intenzitu je nutné zjistit koeficienty denní variace intenzit $k_{d,h}$ pro obytná území v běžný pracovní týden. Nejvyšší hodnoty koeficient nabývá při výjezdu v odpolední dopravní špičce, a to 8,5 %. [50], s. 100]

$$I_{IAD} [\text{voz/h}] = I_{IAD} [\text{voz/den}] \cdot k_{d,h} \quad (3.2)$$

$$I_{IAD} = 1650 \cdot 8,5 \% = 140,25 \approx 140 \text{ voz/h}$$

3 Praktická ukázka dopravního modeláře v územním plánování



Obrázek 3.5: Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Nová rezidenční čtvrť v odpolední špičkové hodině (15 – 16 h)

Výsledná hodnota hodinové intenzity dopravy se doplní jako hodnota hodinové intenzity pro cílovou i zdrojovou dopravu z důvodu zachování symetrie na generátorech dopravy.

Interaktivní ukázka dopravního scénáře ve webové aplikaci TraMod je dostupná na následujícím odkazu: [Nová rezidenční čtvrť](#). Výsledky tohoto dopravního scénáře jsou dále rozebrány v podkapitole [4.1](#).

3.4 Scénář č. 2 - Východní obchvat města

Druhý dopravní scénář se týká výstavby nejdůležitější dopravní stavby pro město Klatovy v tomto desetiletí, a to výstavby východního obchvatu města Klatov. Motivací pro tvorbu tohoto dopravního scénáře je možnost ukázat dopravní dopady takto klíčové stavby, zejména pak pozitivní vliv na současný průtah středem města.

Zdroje informací pro tvorbu tohoto dopravního scénáře jsou následující:

- Územní plán Klatov – Hlavní výkres a Výkres koncepce dopravy,
- Generel dopravy města Klatov (dále „generel dopravy“),
- Územní studie č. 1 – Hradební okruh,
- informace z médií (městský zpravodaj, internet aj.).

Hlavní výkres Územního plánu Klatov obsahuje základní informaci o poloze navrhovaných silnic, která je dále propsána i do Výkresu koncepce dopravy. Výkres koncepce dopravy pak tuto informaci rozšiřuje o klasifikaci navrhovaných komunikací do tříd, v případě východního obchvatu Klatov se jedná o silnici I. třídy. Generel dopravy také zmiňuje výstavbu obchvatu, a to v souvislosti s rozvojem dopravní infrastruktury v následujících letech. [51] s. 6] Důležitým zdrojem informací je i Územní studie č.1, ve které je navrženo zklidnění dopravy v Plzeňské ulici.



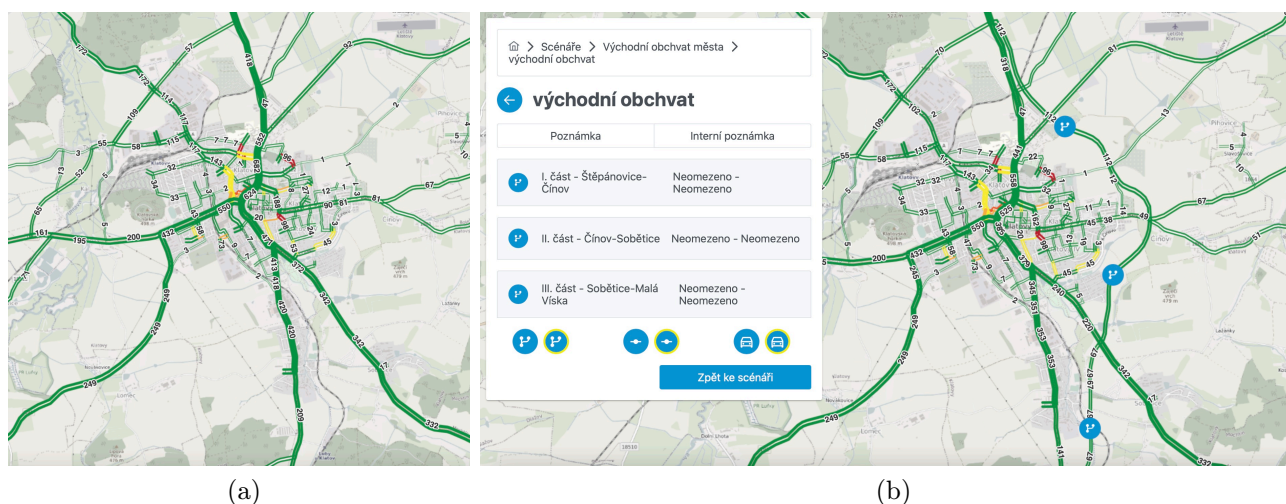
Obrázek 3.6: Vizualizace plánovaného východního obchvatu města Klatov [52]

Dopravní scénář realizuje návrh výstavby plánovaného východního obchvatu města Klatov, který začíná napojením na stávající silniční síť plánovanou okružní křižovatkou nedaleko Štěpánovic. Odtud je nová silnice vedena souběžně se silnicí I/27 k chatové oblasti Markyta, kde překonává železniční trať Plzeň–Železná Ruda a silnici III. třídy 11766. V lokalitě Na Rozhrání pokračuje silnice jihovýchodním směrem k zahrádkářské kolonii Harfa. Překonává postupně silnici II/191 a ulici Maxima Gorkého, než se napojí na silniční síť okružní křižovatkou v místě stávající křižovatky silnic II/186 a III/1861 nedaleko Činova. Poté pokračuje nová silnice jihozápadním směrem okolo vilové čtvrti v lokalitě Pod vodojemem. Poté překonává Špalkovský rybník a napojuje se na silnici I/22 okružní křižovatkou. Poslední úsek obchvatu pak pokračuje jihozápadním směrem, překonává železniční trať Domažlice–Horažďovice předměstí a cyklostezku č. 38. Celý obchvat končí napojením na silnici I/27 nedaleko obce Vrhavěč.

Dopravní scénář je rozdělen na dvě varianty: první varianta dopravního scénáře zpracovává pouze stavbu východního obchvatu, druhá varianta pak počítá se zklidněním Plzeňské ulice jako navazující opatření na dostavbu obchvatu. Obě varianty jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách.

3.4.1 Varianta bez zklidnění Plzeňské ulice

První variantou dopravního scénáře je rozšíření silniční sítě o východní obchvat města. Vlastní zpracování dopravního scénáře se dělí do několika dílčích událostí. Jak již bylo zmíněno, součástí dopravního scénáře jsou importované dopravní události popsané v podkapitole [3.2](#).



Obrázek 3.7: Nastavení dopravního scénáře – Východní obchvat města bez zklidnění Plzeňské ulice. a) původní stav, b) výsledek dopravního scénáře

V této variantě je součástí dopravního scénáře mimo již zmíněné importované události pouze jedna dopravní událost. Touto dopravní událostí je přidání silničních úseků odpovídající východnímu obchvatu města. V rámci zpracování dopravního scénáře je obchvat rozdělen na tři části, které odpovídají úsekům bez úroňových křižovatek. Pro potřebu evidence dopravních událostí jsou jednotlivé části pojmenovány podle obecních částí Klattov (v případě posledního úseku Vrhavče), které jsou nejbližší jejich napojení na stávající silniční síť.

1. část: Štěpánovice–Čínov,
2. část: Čínov – Soběstice,
3. část: Soběstice – Malá Víska.

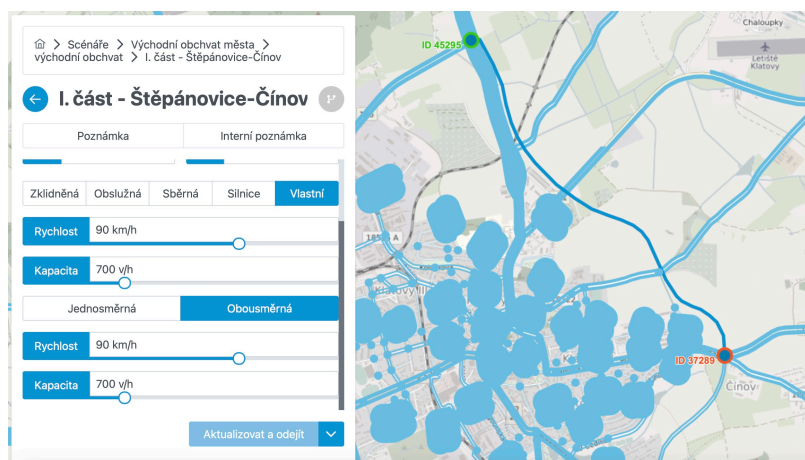
Poslední náležitostí je nastavení kapacity nově přidávaných úseků. Výpočet hodnoty je představen v následujících odstavcích.

Určení kapacity silničního úseku I. třídy

Výpočtem kapacity silničního úseku se zabývá norma ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic. Dle normy je pro výpočet kapacity možné použít následující faktory:

- podélný sklon,
- křivolakost,
- podíl pomalých vozidel,
- příčné uspořádání. 53

Pro výpočet kapacity nových úseků východního obchvatu neznáme ani jeden z těchto faktorů, proto je nutné provést přibližný odhad. Vychází se z předpokladu, že nový obchvat bude veden jako silnice I. třídy. Dle zmíněné normy se stanoví úroveň kvality dopravy pro obchvat jako stupeň C.

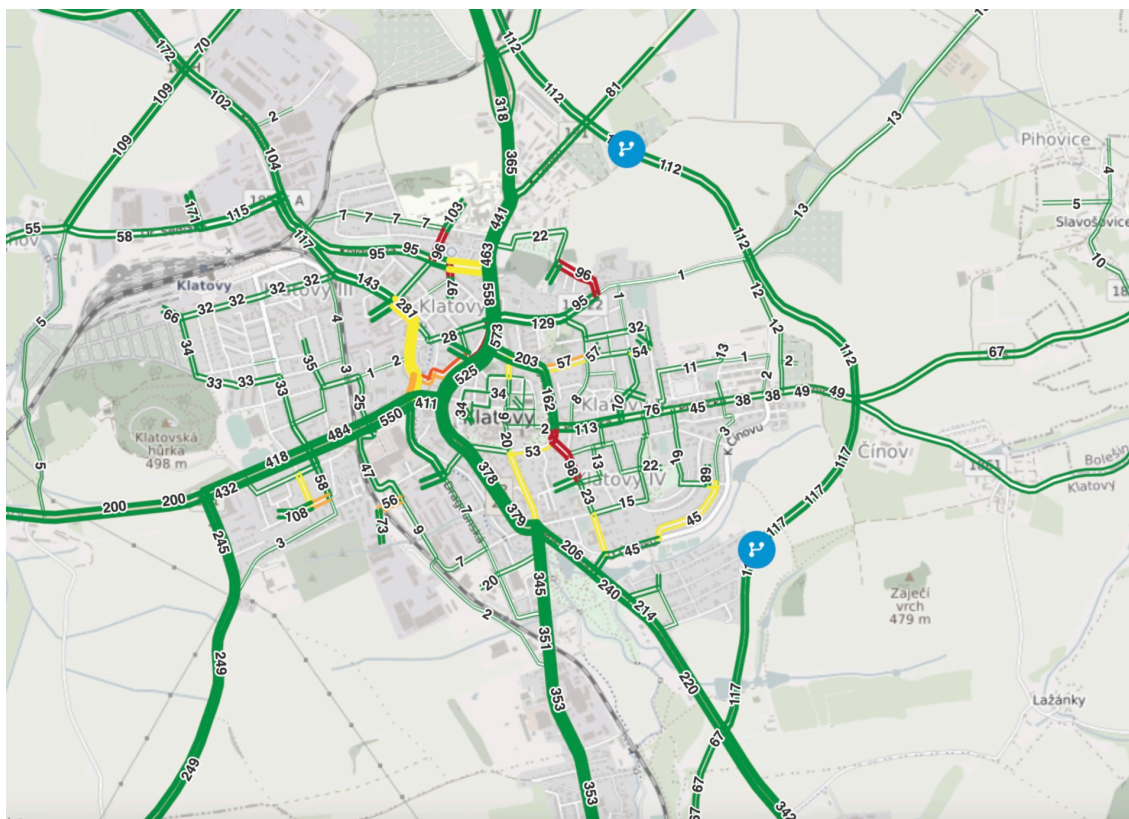


Obrázek 3.8: Východní obchvat města – přidání nového silničního úseku

Kapacita dopravy se určí podle tabulky 4-13 v Technických podmínkách 188, volba parametrů je následující:

<i>třída stoupání</i>	1
<i>celková křivolakost [grad/km]</i>	0–75
<i>podíl pomalých vozidel</i>	10 %

Pro tyto parametry je tabulková hodnota kapacity dvoupruhových silnic 1410 voz/h. 54, s. 28] Tuto hodnotu je nutné ještě vydělit dvěma, protože se tabulková hodnota uvádí pro oba směry. V případě výše popsaného dopravního modelu nebyla nijak řešena editace kapacity silničních úseků podle zmíněné metodiky, proto je za účelem zachování konzistence dopravního modelu stanovena jako kapacita sběrné komunikace (1500 voz/h). Rychlost je stanovena na 90 km/h.



Obrázek 3.9: Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Východní obchvat města bez zklidnění Plzeňské ulice v odpolední špičkové hodině (15 – 16 h)

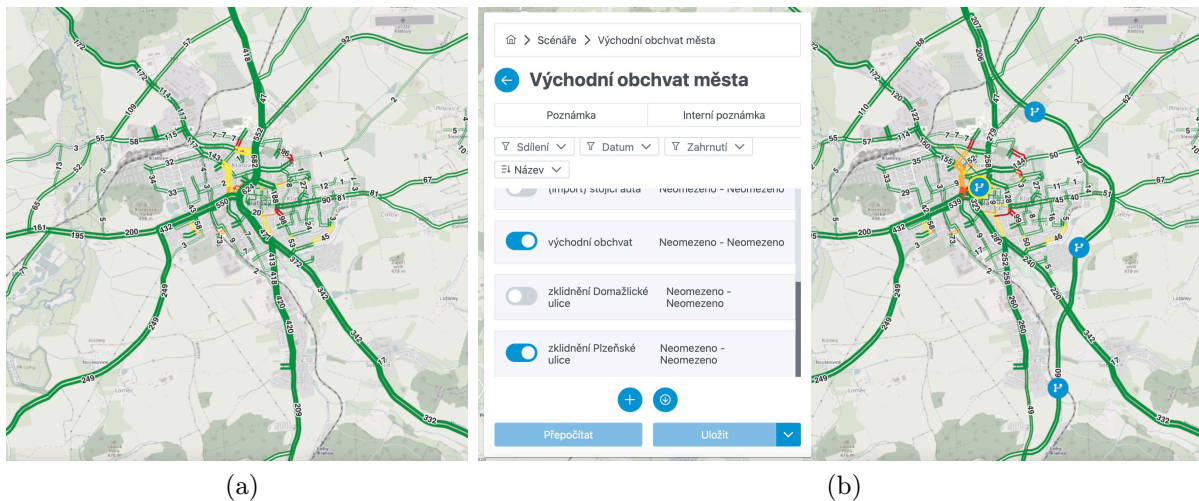
Interaktivní ukázka tohoto dopravního scénáře je dostupná na následujícím odkazu: [Východní obchvat města – varianta bez zklidnění Plzeňské ulice](#). Výsledky tohoto dopravního scénáře jsou dále rozebrány v podkapitole [4.2](#).

3.4.2 Varianta se zklidněním Plzeňské ulice

Druhá varianta dopravního scénáře se týká výstavby východního obchvatu města včetně zklidnění dopravy v Plzeňské ulici. Rozšiřujícím zdrojem pro tuto variantu dopravního scénáře je Územní studie č. 1 – Hradební okruh. V rámci této studie je navrženo zklidnění dopravy zúžením současného čtyřpruhového uspořádání na dvoupruhové. Konkrétně se zúžení týká úseků Plzeňské ulice z Rybníčků (křižovatka Plzeňská–Maxima Gorkého–Kollárova) po křižovatku u Městského kulturního střediska (křižovatka Plzeňská–Domažlická–Tyršova). Jak již dříve zmíněno, součástí tohoto dopravního scénáře jsou importované dopravní události popsané v podkapitole [3.2](#).

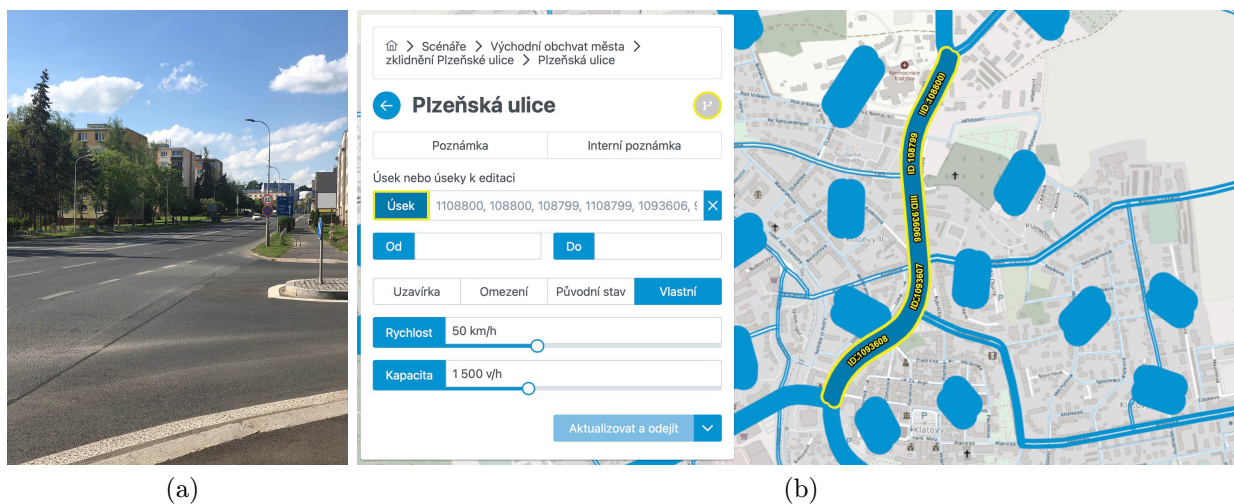
Vlastní zpracování dopravního scénáře neliší od první varianty tohoto dopravního scénáře. Jedinou odlišností je aktivace dopravní události **zklidnění Plzeňské ulice** v liště Scénáře.

3.4 Scénář č. 2 - Východní obchvat města



Obrázek 3.10: Nastavení dopravního scénáře – Východní obchvat města se zklidněním Plzeňské ulice. a) původní stav, b) výsledek dopravního scénáře

V této variantě jsou součástí dopravního scénáře mimo importované události další dvě dopravní události. První událostí je přidání silničních úseků odpovídající východnímu obchvatu města. Tato událost je podrobně rozepsána v předchozí podkapitole [3.4.1](#). Druhou dopravní událostí je již zklidnění Plzeňské ulice. Oproti územní studii se zklidnění provádí v úseku od okružní křižovatky silnice I/27 a II/191 (u klatovské nemocnice) ke křižovatce u Městského kulturního střediska (křižovatka Plzeňská–Domažlická–Tyršova). Dopravní událost se realizuje editací rychlosti a kapacity stávajících úseků v obou směrech.



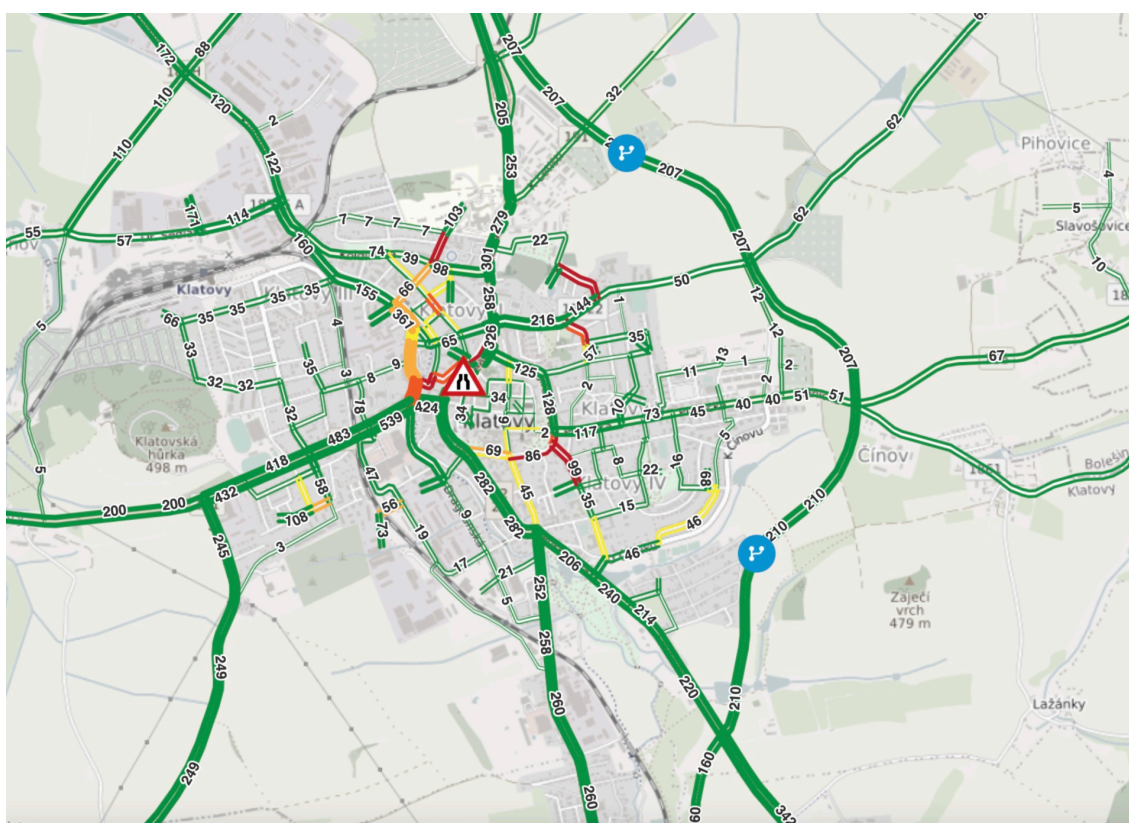
Obrázek 3.11: Zklidnění Plzeňské ulice – a) skutečný stav, b) editace kapacity a rychlosti silničních úseků

Určení kapacity silnic nižší třídy

Při výpočtu kapacity dopravy pro zklidněnou Plzeňskou ulicí se předpokládá její převod ze silnice I. třídy na silnici nižší třídy. Kapacita dopravy se určí podle tabulky 5-3 pro dvoupruhové směrově nerozdělené místní komunikace v Technických podmínkách 188 [54]. Volba parametrů je následující:

úroveň kvality dopravy	E
podélný sklon	< 3 %
podíl pomalých vozidel	15 %

Pro tyto parametry je tabulková hodnota kapacity jízdního pruhu 1500 voz/h. [54, s. 33] Do dopravního scénáře se tedy nastaví hodnota kapacity dopravy 1500 voz/h a rychlost 50 km/h.



Obrázek 3.12: Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Východní obchvat města se zklidněním Plzeňské ulice v odpolední špičkové hodině (15 – 16 h)

Interaktivní ukázka tohoto dopravního scénáře je dostupná na následujícím odkazu: [Východní obchvat města – varianta se zklidněním Plzeňské ulice](#). Výsledky tohoto dopravního scénáře jsou dále rozebrány v podkapitole [4.2.2](#).

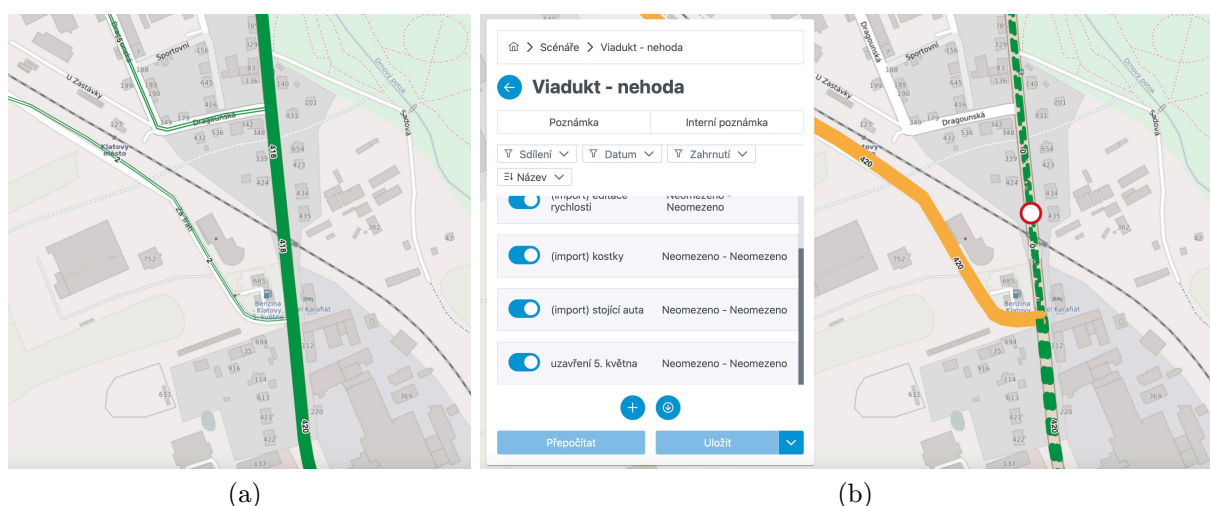
3.5 Scénář č. 3 - Dopravní komplikace – nehoda

Třetí dopravní scénář se týká uzavření silničního úseku z důvodu dopravní nehody tahače s návěsem do mostovky železničního mostu v Lubech. Motivací pro tvorbu tohoto dopravního scénáře je možnost chování řidičů během dopravní komplikace.

Zdroje informací pro tvorbu tohoto dopravního scénáře jsou:

- informace v médiích,
- místní znalost.

Situace okolo železničního mostu v Lubech je vzhledem k četnosti dopravních nehod hojně komentována médii i veřejností. V současné době je situace nízkého podjezdu pod železničním mostem v ulici 5. května řešena značenou objízdnou trasou pro nákladní automobily ulicemi Šumavská, Dragounská, Havlíčkova a Za Tratí. Příčinou mnoha dopravních nehod je zejména nerespektování svislého dopravního značení ze strany řidičů.

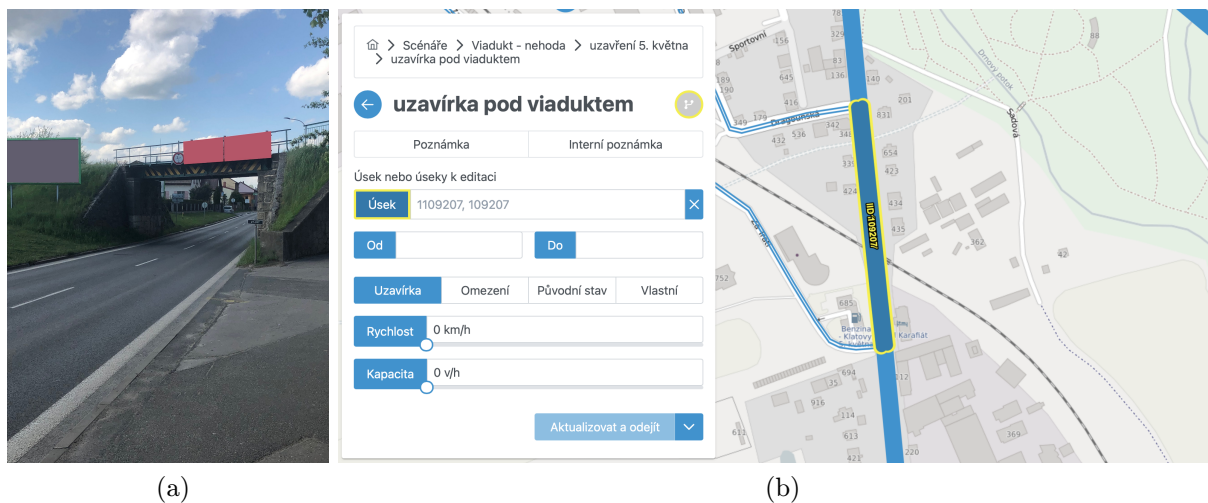


Obrázek 3.13: Nastavení dopravního scénáře – dopravní nehoda kamionu pod železničním mostem. a) původní stav, b) výsledek dopravního scénáře

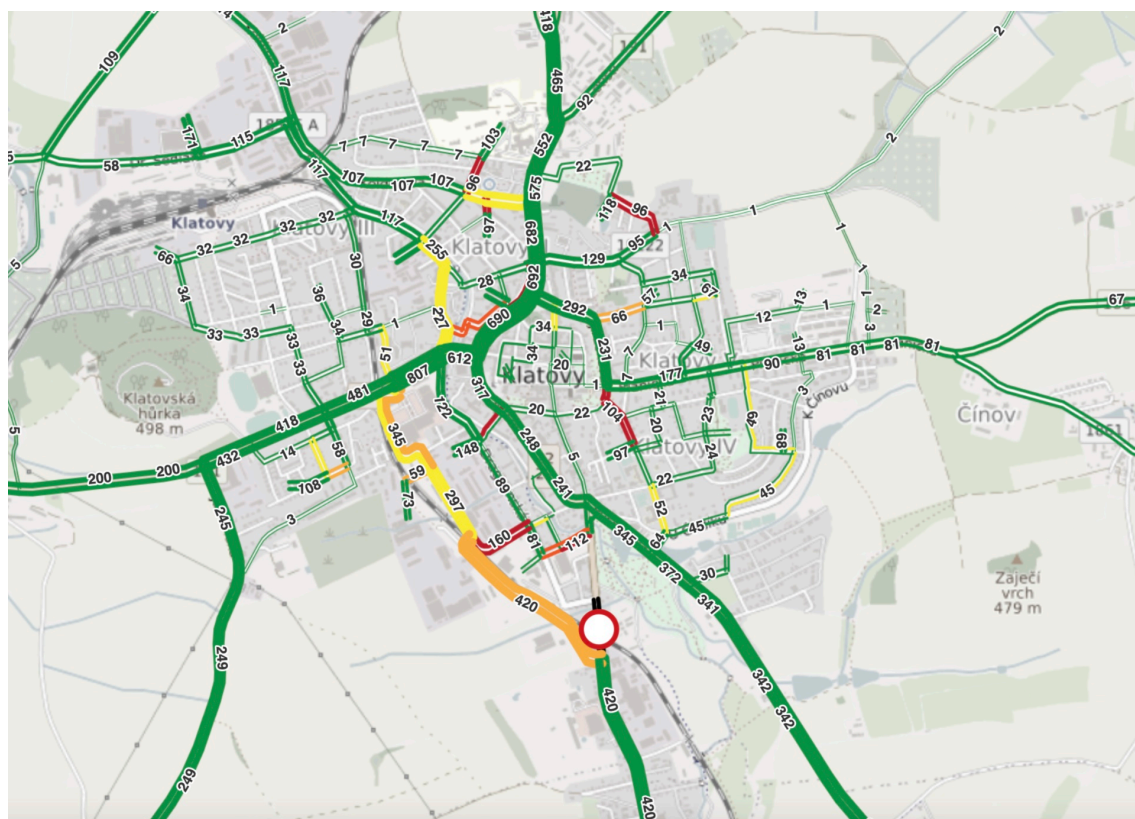
Dopravní scénář realizuje uzavření části ulice 5. května mezi ulicemi U zastávky a Za Tratí. Vlastní zpracování scénáře se dělí na 2 části. První částí jsou importované dopravní události, které jsou součástí dopravního scénáře Editace dopravního modelu. Druhá část dopravního scénáře se skládá pouze z jediné dopravní události. Touto dopravní událostí je snížení kapacity a rychlosti dotčených úseků na nulu.

Interaktivní ukázka tohoto dopravního scénáře je dostupná na následujícím odkazu: [Dopravní komplikace – dopravní nehoda](#). Výsledky tohoto dopravního scénáře jsou dále rozzebrány v podkapitole [4.3](#).

3 Praktická ukázka dopravního modeláře v územním plánování



Obrázek 3.14: Realizace uzavírky silnice – a) skutečný stav železničního mostu, b) uzavření silničních úseků



Obrázek 3.15: Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Východní obchvat města se zklidněním Plzeňské ulice v odpolední špičkové hodině (15 – 16 h)

Dosažené výsledky dopravních scénářů

Tato kapitola obsahuje výsledky dopravních scénářů navržených v kapitole 3. Nejprve je vybrán vhodný reprezentant dne v týdnu, pro který jsou dále provedeny vizualizace výsledků dopravních scénářů. Kapitola také obsahuje i stručný popis výpočtu RPDI pro potřeby porovnání základního a nového stavu dopravního modelu, případně k porovnání výsledků z dalších zdrojů.

Dříve, než bude možné přistoupit k výsledkům dopravních scénářů, je potřeba osvětlit několik provedených kroků.

Volba vzorového dne a denní doby

Nejprve je nutné vybrat vzorový den, na kterém budou interpretovány výsledky. Jako vhodný reprezentant se jeví středa 6. dubna 2022, již použitá při výpočtu GEH statistiky. Středa byla zvolena, neboť se jedná o prostřední den v pracovním týdnu, který není zatížen proměnlivostí provozu způsobenou zejména prodlouženými víkendy (ty mohou být způsobeny státním svátkem či prázdninami). Vhodnou denní dobou pro ukázkou výsledků dopravních scénářů je pak odpolední špičková hodina, neboť umožňuje ukázat stav dopravního modelu při maximální intenzitě dopravy během dne. Odpolední špičková hodina ve všech případech odpovídá časovému úseku od 15.00 do 16.00 h.

Výpočet RPDI

Pro potřeby porovnání základního a nového stavu dopravního modelu se použije výpočet pro roční průměr denních intenzit (RPDI). Vzhledem k časové a finanční nákladnosti a komplikacím spojeným s celoročním sčítáním dopravy se hodnota RPDI odhaduje z přepočtových koeficientů získaných v rámci krátkodobého průzkumu. Tyto přepočtové koeficienty jsou závislé na typu komunikace (a jejím charakteru), typu vozidla, dnu v týdnu, měsíci a ročním období. Pro stanovení odhadu RPDI se nejprve stanoví denní intenzita dopravy v den průzkumu. V dalším kroku se z odhadu denní intenzity dopravy stanoví odhad týdenního průměru denních intenzit (TPDI). Tento odhad pak dále slouží pro výpočet

RPDI, který se vypočte zohledněním měsíčních variací či variací ročních období. Stanovení odhadu hodnoty RPDI z výsledku krátkodobého průzkumu se provede pro každý druh vozidla x : [55], s. 14]

$$RPDI_x = I_m \cdot k_{m,d} \cdot k_{d,t} \cdot k_{t,RPDI} \quad (4.1)$$

I_m	intenzita dopravy daného druhu vozidla zjištěná v době průzkumu [voz/doba průzkumu],
$k_{m,d}$	přepočtový koeficient intenzity dopravy za dobu průzkumu na denní intenzitu dopravy dne průzkumu (zohlednění denních variací intenzit dopravy),
$k_{d,t}$	přepočtový koeficient denní intenzity dopravy dne průzkumu na týdenní průměr denních intenzit dopravy (zohlednění týdenních variací intenzit dopravy),
$k_{t,RPDI}$	přepočtový koeficient týdenního průměru denní intenzity dopravy na roční průměr denních intenzit dopravy (zohlednění ročních variací intenzit dopravy).

Pozn.: Přepočtové koeficienty $k_{m,d}$, $k_{d,t}$ a $k_{t,RPDI}$ se spočítají jako převrácená hodnota konkrétní variace intenzity dopravy.

Výsledná hodnota ročního průměru denních intenzit dopravy pro vozidla celkem se určí součtem jednotlivých ročních průměrů denních intenzit dopravy pro jednotlivé druhy vozidel. [55], s. 14]

$$RPDI = \sum_x RPDI_x \quad (4.2)$$

V případě výpočtu pro tento dopravní model se dosazuje na počátku hodnota hodinové intenzity dopravy, která již zahrnuje všechny druhy vozidel. Z tohoto důvodu se na konci výpočtu neprovádí součet podle vzorce (4.2).

Základní informace k vizualizaci a interpretaci výsledků

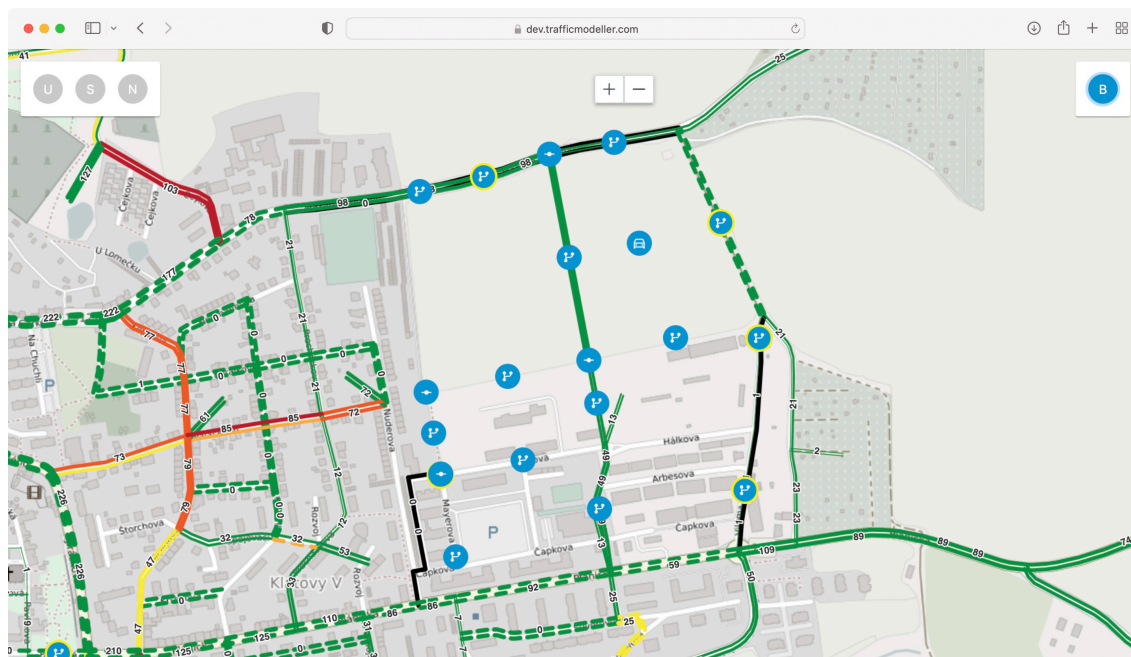
Vizualizace výsledků se skládá z mapy intenzity dopravy a diferenční dopravní mapy. Všechny navržené dopravní scénáře ukazují tzv. „rovnovážný stav“, při kterém mají všichni řidiči apriorní znalost o změnách. Tento stav v realitě odpovídá přivyknutí řidičů na nové trasy (případně zjištění informací řidiči z dopravních zpráv, automobilového navigačního systému apod.)

4.1 Rezidenční čtvrt'

První dopravní scénář se týká výstavby nové rezidenční čtvrti v severovýchodní části města Klatov. Cílem tohoto scénáře je ukázat vliv výstavby nové obytné čtvrti na stávající silniční síť. Předpokladem je, že výstavba má dopady zejména na silniční síť v nejbližším okolí,

nejvíce ovlivněny by touto změnou měly být sběrné komunikace. Druhým cílem je dokázat, že stávající silniční síť je dostatečnou kapacitu pro budoucí nárůst dopravy. Nemělo by tedy docházet k dopravní kongesci.

Na obrázcích 4.1 a 4.2 je zobrazena situace pro výše vybraný den v odpolední špičkové hodině.



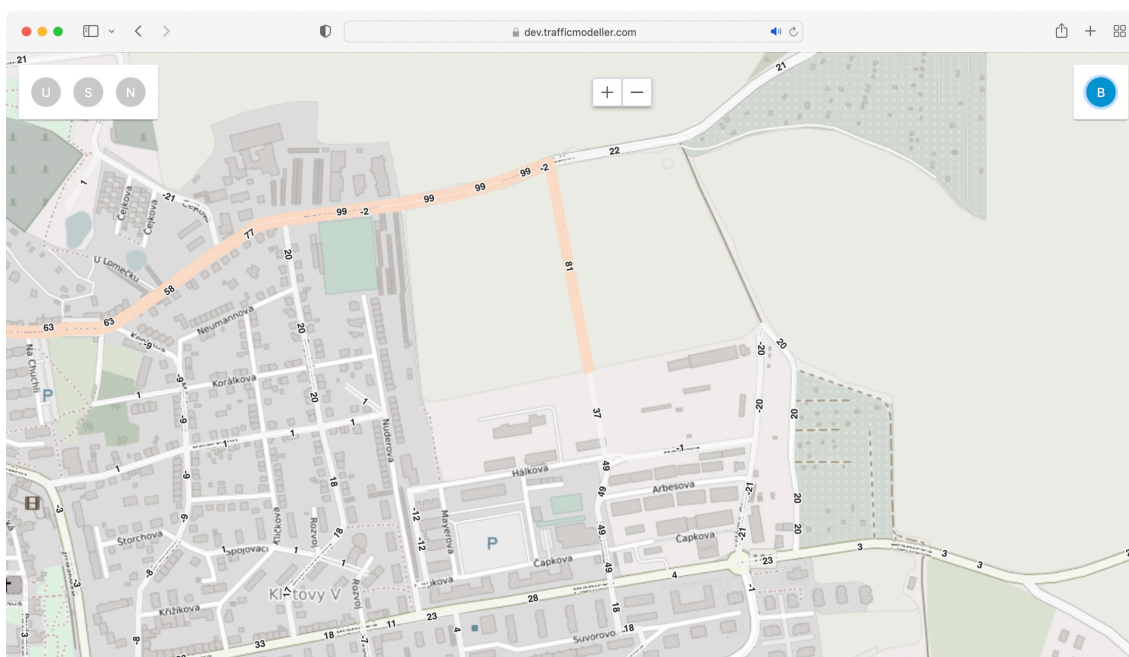
Obrázek 4.1: Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Nová rezidenční čtvrť v odpolední špičkové hodině

Důsledkem výstavby nové rezidenční čtvrti je nárůst dopravy v Machníkově ulici, která je páteřní komunikací nové čtvrti a ve sběrných komunikacích Gorkého a Plánické ulici. Diferenční mapa ukazuje, že poměr vozidel ve směru ke Gorkého ulici je o přibližně 70 % vyšší, než je tomu ve směru k Plánické ulici. Výsledný nárůst dopravy v Plánické ulici je ve směru do centra o přibližně 30 %, v případě Gorkého ulice nelze vzhledem k původní nízké hodnotě hodinové intenzity rozhodnout (Hodinová intenzita dopravy je v základním dopravním scénáři 1 voz/h. Takto nízká hodnota je způsobena nedokonalostí dopravního modelu, který předpokládá, že většina vozidel z generátoru dopravy na okraji pojedou po silnici II/191 ve směru k Čertovce). V případě směru z centra je opět patrný nárůst dopravy v Gorkého ulici (22 voz/h), v případě Plánické ulice je nárůst do 10 %.

4 Dosažené výsledky dopravních scénářů

ulice	I_m [voz/h]	I_m [voz/h]
	základní stav	nový stav
Plánická – směr do centra	64	88
Plánická – směr z centra	55	59

Tabulka 4.1: Hodnoty hodinové intenzity dopravy pro vybrané silniční úseky v odpolední špičkové hodině



Obrázek 4.2: Diferenční mapa dopravního scénáře – Nová rezidenční čtvrť v odpolední špičkové hodině

Nárůst ročního průměru denních intenzit se vypočte jako rozdíl odhadu ročního průměru denních intenzit nového a základního stavu. Pro výpočet se použili hodinové intenzity dopravy v odpolední špičkové hodině ve středu 6. dubna 2022. Výpočet RPDI nebyl proveden pro Gorkého ulici z důvodu velmi nízké hodnoty hodinové intenzity dopravy základního stavu, která neodpovídá realitě.

ulice	$RPDI_Z$	$RPDI_N$	$RPDI_N - RPDI_Z$
	[voz/den]	[voz/den]	[voz/den]
Plánická – směr do centra	622	854	232
Plánická – směr z centra	534	573	39

Tabulka 4.2: Hodnoty RPDI pro vybrané silniční úseky v odpolední špičkové hodině

Výsledná hodnota nárůst dopravy v Plánické ulici činí 232 voz/den ve směru do centra, 39 voz/den v případě směru z centra.

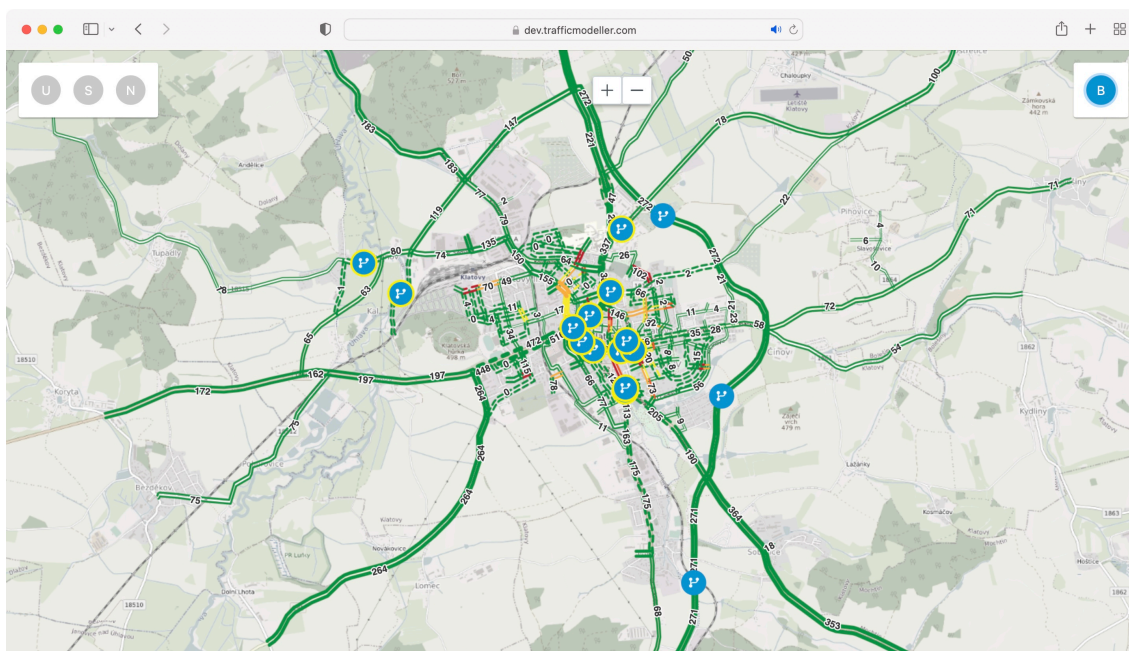
4.2 Východní obchvat města

Druhý dopravní scénář se týká výstavby nejdůležitější dopravní stavby města Klatov v tomto desetiletí – východního obchvatu města. Cílem tohoto scénáře je simulovat dopady stavby na stávající silniční síť. Předpokladem je přesun tranzitní dopravy v severojižním směru na obchvat města. Důsledkem toho by mělo dojít ke snížení intenzity dopravy, emisí a hluku v centru města. Výsledky tohoto dopravního scénáře se dělí na 2 varianty: první varianta nepočítá se zklidněním dopravy v Plzeňské ulici, druhá varianta pak počítá s jejím zklidněním.

4.2.1 Varianta bez zklidnění Plzeňské ulice

První variantou tohoto dopravního scénáře je rozšíření silniční sítě o východní obchvat města. Cílem této varianty je ukázat vliv postaveného obchvatu na tranzitní dopravu v severojižním směru bez dalších opatření.

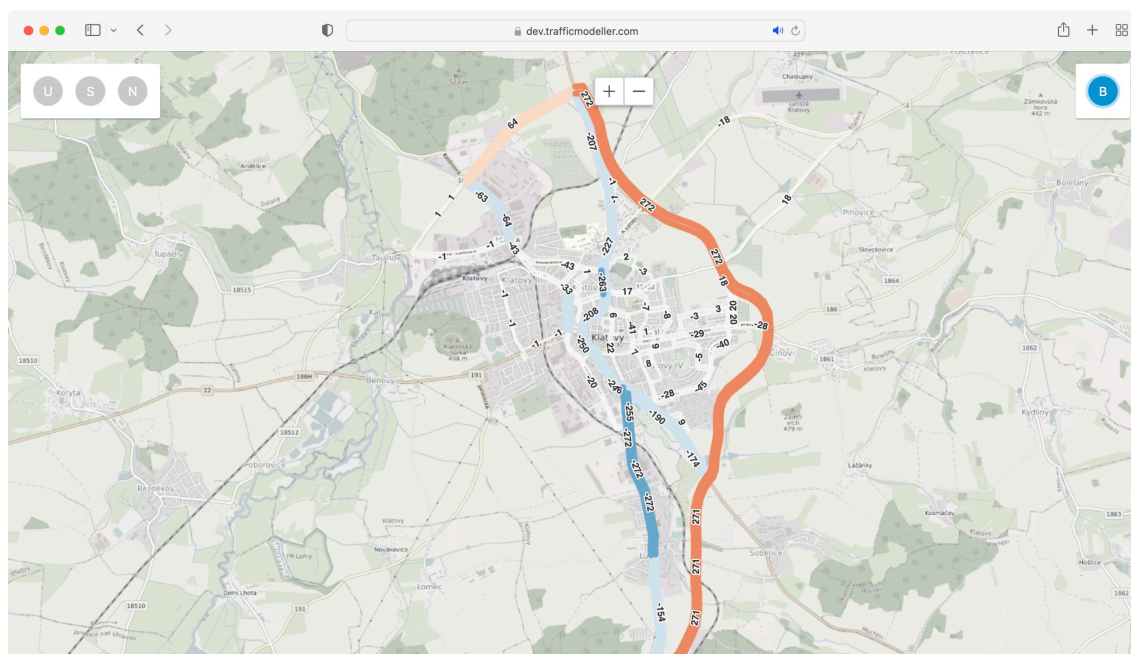
Na obrázcích [4.3](#) a [4.4](#) je zobrazena situace pro vybraný den v odpolední špičkové hodině.



Obrázek 4.3: Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Východní obchvat města v odpolední špičkové hodině (bez zklidnění Plzeňské ulice)

4 Dosažené výsledky dopravních scénářů

V důsledku přidání východního obchvatu města do dopravního modelu došlo k poklesu počtu vozidel na průtahu městem. Výsledkem je přesun tranzitní dopravy na obchvat, průjezd průtahem města nyní využívá ostatní doprava. Hodinová intenzita dopravy v odpolední špičkové hodině odpovídá asi 270 vozidlům. Naproti tomu došlo k poklesu hodinové intenzity na příjezdu od Železné Rudy (přibližně o 70 %) a od Horažďovic (přibližně o 48 %). Přesun tranzitní dopravy způsobil pokles hodinové intenzity dopravy o 44 % na vstupu v Plzeňské ulici. Tato hodnota je v rozporu s hodnotou uvedenou v Generelu dopravy města Klatov, která činí 25,7 %. [51, s. 31]



Obrázek 4.4: Diferenční mapa dopravního scénáře – Východní obchvat města v odpolední špičkové hodině (bez zklidnění Plzeňské ulice)

Z výše uvedeného důvodu je nutné provést ověření hodnoty z dopravního modelu. Ověření se realizuje pomocí výpočtu RPDI pro hodnotu odpolední špičkové dopravy ve středu 6. dubna 2022. Výsledná hodnota se porovná s hodnotou z generelu dopravy a s hodnotou RPDI vypočtenou z dat hodinových intenzit reálného provozu. Stejně jako v případě určení míry shody dopravního modelu a reality (podkapitola 2.6) se použije pro výpočet RPDI stejné stanoviště v Plzeňské ulici jako v případě určení GEH statistiky. Na rozdíl od určení GEH statistiky, kde bylo nutné znát hodinové průjezdy, nabízí Systém sběru informací o průjezdu a měření rychlosti vozidel na území Plzeňského kraje pro každé stanoviště souhrnné denní statistiky i pro opačný směr (v tomto případě směr do centra města). Pro výpočet RPDI je nutné vybrat nový reprezentativní vzorek, neboť původní z prvního dubnového týdne roku 2022 byl zatížen dopravním omezením, které není v základním modelu zohledněno a které by negativně ovlivnilo celkový výsledek GEH statistiky. Jako vhodný reprezentant se jeví středa 12. 1. 2022, neboť se jedná o běžný pracovní den v běžném týdnu, který není zatížený žádným nežádoucím faktorem.

Poté se vypočte i hodnota RPDI z generelu a dopravního modelu odpovídající stavu po přidání obchvatu. Tato hodnota se získá jako rozdíl hodnoty RPDI a podílu tranzitní dopravy na RPDI. Při určení podílu tranzitní dopravy u hodnoty RPDI z generelu dopravy se výpočet může dále rozdělit na více případů. Generel dopravy obsahuje jednotlivé dílčí podíly pro směr Horažďovice, Železná Ruda, Nýrsko a Domažlice. [51, s. 34] Tranzitní doprava ze směru od Plzně na Domažlice je již několik let částečně vyřešena díky severozápadní části obchvatu, proto ve výpočtu nebude zahrnuta. V rámci výpočtu se tedy bude řešit výpočet nejprve s eliminací tranzitní dopravy ve směru Horažďovice a Železná Ruda, poté i se započtením tranzitní dopravy ve směru Nýrsko.

V tabulce 4.3 je k dispozici shrnutí výsledků.

ulice	RPDI [voz/den]	RPDI – po přidání obchvatu [voz/den]
Plzeňská – z dopravního modelu	6179	3461
Plzeňská – z dopravní kamery	5752	–
Plzeňská – z generelu dopravy*	4525	3756
Plzeňská – z generelu dopravy**	4525	3411

* započtení tranzitu na Horažďovice a Železnou Rudu

** započtení tranzitu na Horažďovice, Železnou Rudu a Nýrsko

Tabulka 4.3: Porovnání hodnot RPDI pro stanoviště v Plzeňské ulici ve směru do centra

Z výsledků je patrné, že hodnoty RPDI se po přidání obchvatu liší mezi generelem dopravy a dopravním modelem maximálně o 8 %. Zároveň v první sloupec tabulky 4.3 obsahuje informaci, že hodnota z dopravní kamery více blíží hodnotě dopravního modelu než generelu dopravy (hodnota RPDI dopravní kamery odpovídá 93 % hodnoty RPDI z dopravního modelu). Rozdíly hodnot mezi generelem dopravy a dopravním modelem jsou tedy nejspíše způsobeny rozdílným určením podílu tranzitní dopravy.

Stejný postup lze aplikovat i na druhý směr, výsledky jsou k dispozici v tabulce 4.4

4 Dosažené výsledky dopravních scénářů

ulice	<i>RPDI</i> [voz/den]	<i>RPDI</i> – po přidání obchvatu [voz/den]
Plzeňská – z dopravního modelu	6192	3462
Plzeňská – z dopravní kamery	4384	–
Plzeňská – z generelu dopravy*	4613	3718
Plzeňská – z generelu dopravy**	4613	3296

* započtení tranzitu od Horažďovic a Železné Rudy

** započtení tranzitu od Horažďovic, Železné Rudy a Nýrska

Tabulka 4.4: Porovnání hodnot *RPDI* pro stanoviště v Plzeňské ulici ve směru z centra

V případě směru z centra je nejspíše podíl tranzitní dopravy v dopravním modelu nadhodnocen oproti hodnotě z dopravní kamery a také z generelu dopravy. Po přidání obchvatu se hodnoty *RPDI* mezi generelem dopravy a dopravním modelem liší o 7 %.

4.2.2 Varianta se zklidněním Plzeňské ulice

Druhou variantou tohoto dopravního scénáře je kromě rozšíření silniční sítě o východní obchvat města i zklidnění Plzeňské ulice. Zklidnění je realizováno jako zúžení současného čtyřpruhového uspořádání na dvoupruhové.

Na obrázcích 4.5 a 4.6 je zobrazena popsána situace pro vybraný den v odpolední špičkové hodině.

Výsledky této varianty vychází z předchozí varianty bez zklidnění Plzeňské ulice, která je popsána v předchozí podkapitole. V důsledku zklidnění dopravy v Plzeňské ulici od okružní křižovatky silnic I/27 a II/191 (u klatovské nemocnice) po křižovatku u Městského kulturního střediska se snížila intenzita až o 90 vozidel během odpolední špičkové hodiny.

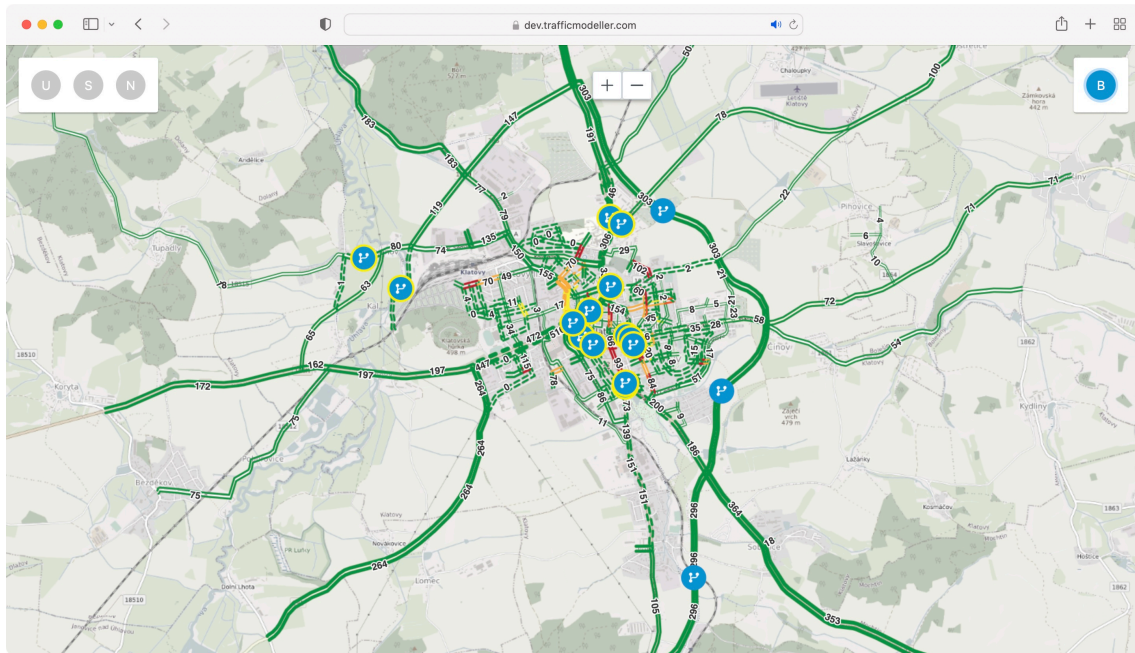
V tabulce 4.5 je porovnání *RPDI* v Plzeňské ulici před a po zklidnění.

ulice	<i>RPDI</i> – po přidání obchvatu [voz/den]	<i>RPDI</i> – po zklidnění Plzeňské ul. [voz/den]
Plzeňská – z centra	3462	3057
Plzeňská – do centra	3462	3057

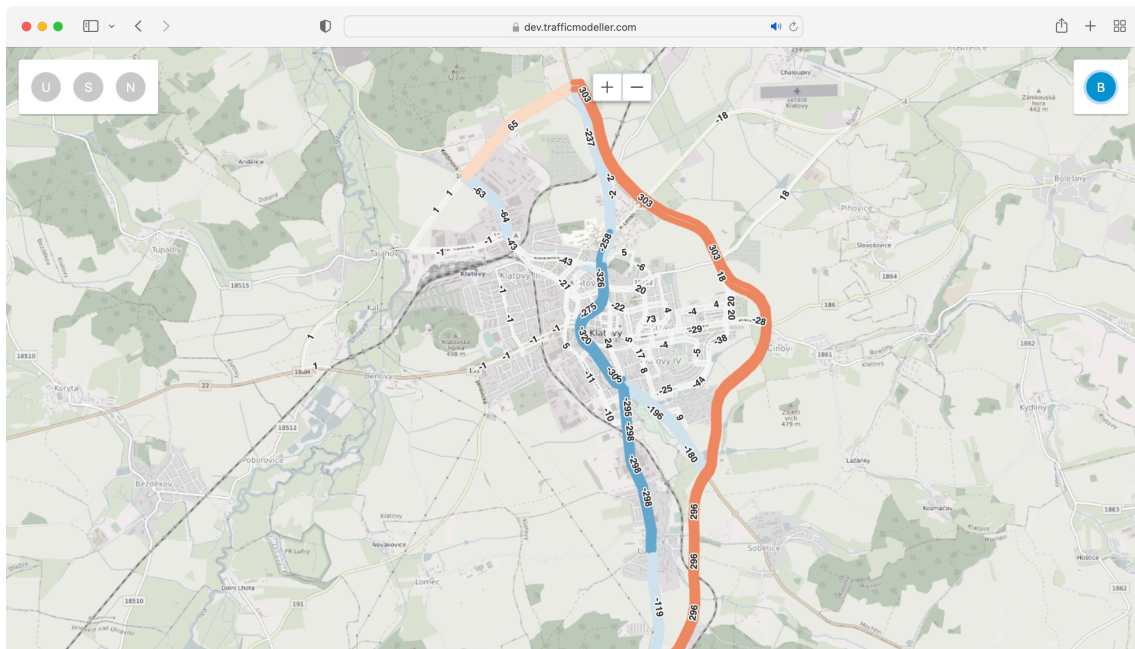
Tabulka 4.5: Porovnání hodnot *RPDI* po zklidnění Plzeňské ulice

Z výsledku je patrné, že se hodnoty *RPDI* po zklidnění pro oba směry rovnají, zklidnění způsobilo pokles intenzity dopravy o 11 %.

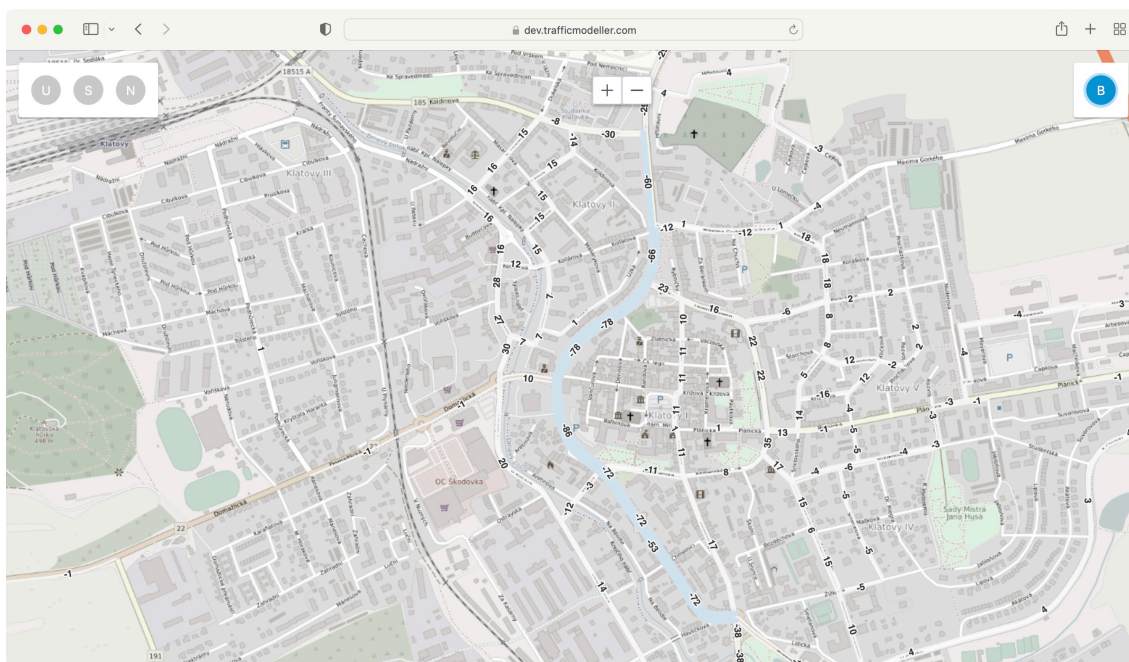
4.2 Východní obchvat města



Obrázek 4.5: Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Východní obchvat města v odpolední špičkové hodině (bez zklidnění Plzeňské ulice)



Obrázek 4.6: Diferenční mapa dopravního scénáře – Východní obchvat města v odpolední špičkové hodině (po zklidnění Plzeňské ulice)



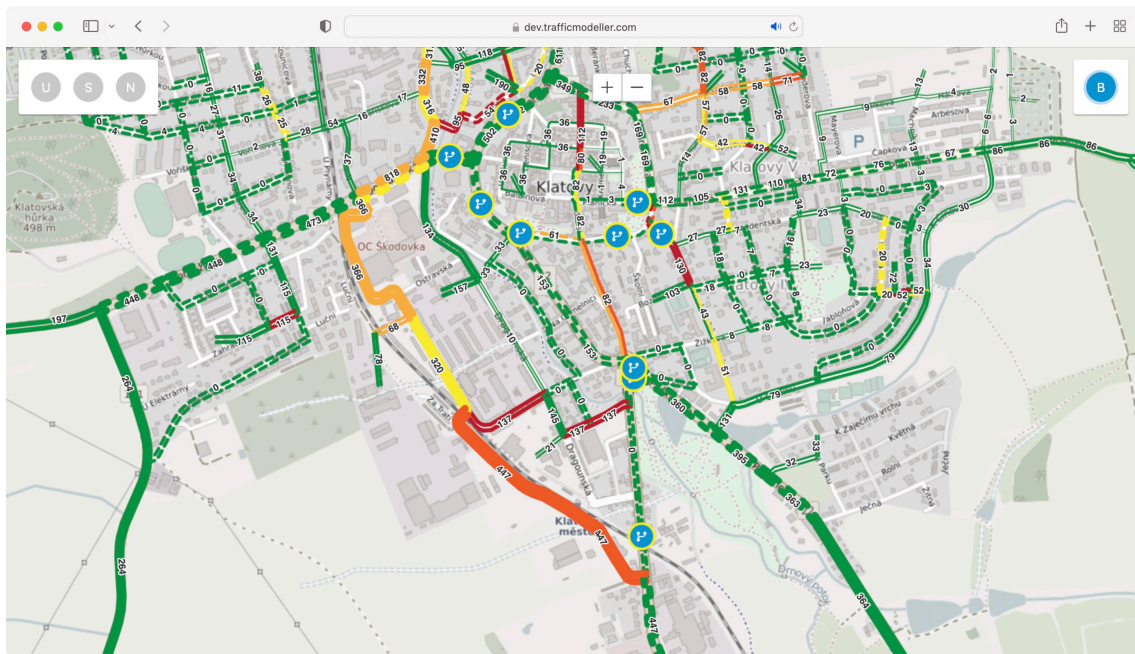
Obrázek 4.7: Diferenční mapa zklidnění Plzeňské ulice v odpolední špičkové hodině

Obrázek 4.7 zobrazuje diferenční mapu mezi variantou bez zklidnění Plzeňské ulice a se zklidněním Plzeňské ulice v odpolední špičkové hodině. Pokles intenzity dopravy je patrný mimo Plzeňskou ulici i v navazující Tyršově ulici.

4.3 Dopravní komplikace – nehoda

Třetí dopravní scénář se týká nechvalně známé klatovské dopravní komplikace. Jedná se o uzavření silničního úseku z důvodu dopravní nehody tahače s návěsem do mostovky železničního mostu v Lubech. Cílem tohoto scénáře je ukázat chování řidičů v případě, že taková situace opět nastane. Autor práce předpokládá, že po uzavření části ulice 5. května mezi ulicemi Dragounská a Za Tratí dojde k přesunu řidičů na značenou objízdnou trasu ulicemi Šumavská, Dragounská, Havlíčkova a Za Tratí.

Na obrázcích 4.8 a 4.9 je zobrazena popsaná situace pro vybraný den v odpolední špičkové hodině.

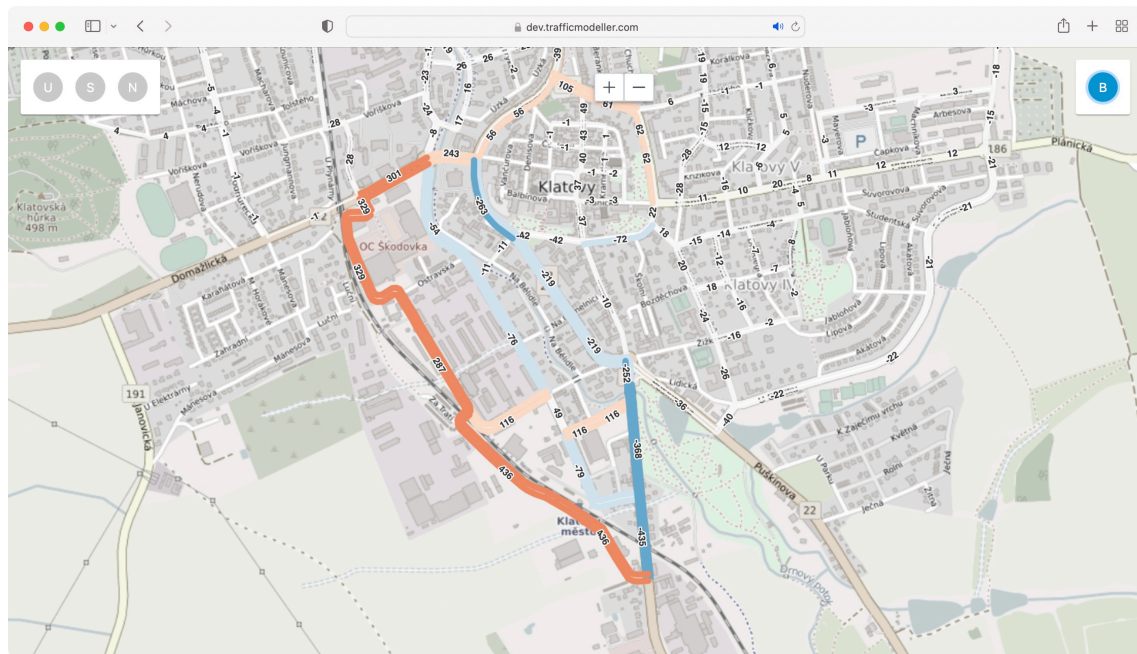


Obrázek 4.8: Výsledná vizualizace dopravního scénáře – Dopravní nehoda v odpolední špičkové hodině

Důsledkem dopravní nehody došlo k výraznému nárůstu intenzity dopravy na zmíněné značené objízdné trase. V ulici Šumavská a Havlíčkova je hodinová intenzita dopravy v odpolední špičkové hodině vyšplhala až na samotnou kapacitu komunikace. V těchto ulicích dochází k dopravnímu kolapsu, vozidla stojí nebo pomalu popojíždějí. Nárůst zde dosahuje pětinasobných hodnot oproti normálu. V ulici Za Trati dochází ke kumulaci zvýšené intenzity dopravy z Havlíčkovy ulice a také z ulice Za Kasárny. Stupeň dopravy zde dosahuje čtvrtého stupně, tvoří se kolony vozidel a rychlost průjezdu je významně snížena.

Z dopravního scénáře vyplývá podle autora práce mimo tradiční variant i jedna neočekávaná. Větší část řidičů totiž zvolila objízdnou trasu ještě dříve, než by narazili na její značení. Poměr řidičů, kteří zvolili objízdnou trasu po Domažlické ulici, kolem OC Škodovka, ulicí Za Kasárny a Za Trati je oproti tradiční variantě asi 2,5:1. Takové řešení ve skutečnosti spíše nenastane, protože pro realizaci by byla nutná apriorní znalost velké skupiny řidičů o dopravní nehodě z dopravních zpráv, automobilového navigačního systému se sledováním dopravy apod. Nicméně tato varianta objízdné trasy má výhodu v kratší vzdálenosti (za předpokladu odbočení z Plzeňské ulice) než značená varianta. Důsledek této varianty je snížení hodinové intenzity dopravy v Tyršově ulici o 60 %.

4 Dosažené výsledky dopravních scénářů



Obrázek 4.9: Diferenční mapa dopravního scénáře – Dopravní nehoda v odpolední špičkové hodině

Diskuze

Navržené a realizované dopravní scénáře v této práci jsou výsledkem práce autora po konzultacích s vedoucím práce a zároveň se zástupci města. Tato kapitola se věnuje nejprve diskuzi k dopravním scénářům. V další části je pak věnována pozornost limitaci dopravního modelu, ale také samotné webové aplikace. Kromě nedostatků jsou zde popsány i možná řešení problémů a s tím související popis návrhů pro budoucí použití.

5.1 Diskuze nad výsledky dopravních scénářů

Cílem diplomové práce bylo prokázat možnosti využití interaktivního dopravního modelování pro územní plánování měst. Realizace tohoto vytyčeného cíle probíhala v prostředí dopravního modeláře na základě návrhu a simulace několika typů dopravních scénářů.

První dopravní scénář se zabýval modelováním výstavby nové rezidenční čtvrti. Cílem tohoto dopravního scénáře bylo ukázat možnost simulace dopravních dopadů územního plánování. Scénář skloubí více nástrojů (přidání nového úseku, editace úseku, přidání uzlu, přidání nového generátoru dopravy), což dělá z tohoto dopravního scénáře nejkomplexnější případ ze všech navržených. I přesto se tento scénář tvořil velmi intuitivně a rychle. Limitami tohoto řešení jsou rozdělení úseků, stanovení hodnoty hodinové intenzity pro generátor dopravy, případně i stanovení kapacity nových silničních úseků (tyto limity jsou více rozvinuty v podkapitole 5.3). Celkově se dá říct, že použitý dopravní modelář je vhodný pro tento typ dopravního scénáře.

Druhý dopravní scénář se týkal výstavby obchvatu města. Cílem tohoto dopravního scénáře bylo prokázat možnost použití pro plánovací činnosti dopravní stavby. Tento dopravní scénář oproti předchozímu nevyužívá tak širokou škálu nástrojů dopravního modeláře, přesto byla tvorba ze všech tří navržených scénářů časově nejnáročnější. Náročnost postupu byla způsobena přidáním nových dlouhých silničních úseků, u nichž je důležité co nejvěrněji popsat jejich skutečný budoucí tvar. Přestože je vytvoření dopravního scénáře intuitivní, tak ho autor práce pro tento typ scénářů spíše nedoporučuje. Důvodem je jednak časová

náročnost přidání nového úseku (dále rozvedeno v podkapitole 5.2) a hlavně nerealizovatelnost změny OD matice (dále rozvedeno v podkapitole 5.3).

Třetí dopravní scénář se zabýval ukázkou chování při dopravní komplikaci. Cílem tohoto dopravního scénáře bylo ukázat možnost použití dopravního modeláře pro simulaci dopravních omezení (dopravní nehoda, práce na silnici apod.). Stejně jako v případě možnosti uzavření komunikace z důvodu opravy je nehoda řešena jako kompletní uzavírka komunikace⁶⁵. Při realizaci tedy dochází k potlačení skutečného rozdílu mezi těmito dvěma událostmi, neboť při dopravní nehodě není všeobecná znalost o objízdných trasách, a tedy nedochází k úplné stabilizaci provozu. Dopravní model v tomto případě naopak ukazuje nový rovnovážný stav, který reflektuje optimální použití nových tras po navyknutí řidiči (odpovídá tedy v realitě dopravní uzavírce). Výsledek tohoto dopravního scénáře potenciálně ukazuje na opakující se problém v silniční dopravě. Vysoká četnost událostí způsobuje zhoršení kvality života na objízdných trasách, díky nástroji TraMod je možné identifikovat míru závažnosti. Na základě toho může územní plánovač či dopravní odbor hledat možná řešení situace. Celkově se dá říct, že pro tento typ je nejdůležitější interaktivita a rychlost, se kterou se dá scénář vytvořit.

Posledním⁶⁶ scénářem se týká editace dopravního modelu v rámci dopravního modeláře. Přestože byl tento scénář původně vytvořen z důvodu okamžité nerealizovatelnosti změn dopravního modelu v SW QGIS a zároveň jednoduchosti provedení změn v dopravním modeláři, tak i tento scénář přinesl důležité výsledky. Na rozdíl od předchozích dopravních scénářů sice nemá vazbu k územnímu plánování, ale umožnil otestovat s kladným výsledkem výpočet scénáře i pro velké množství změn.

5.2 Výhody a limity dopravního modelu a návrh jejich vylepšení

Výhodou dopravního modelu i dopravního modelování obecně je možnost modelovat intenzitu dopravy na dopravní síti a provádět prognózy dopravy pomocí modelování výhledových scénářů. Výstupy dopravního modelování (dopravních modelů) mohou dále vstupovat jako zdroj informace o vlivu intenzity dopravy do rozhodovací praxe územního plánovače či dopravního odboru pro danou zájmovou oblast.

Obecnou limitou všech dopravních modelů je citlivost na kvalitě vstupních dat. Pro výpočet kvalitního modelu je důležité mít:

⁶⁵Pozn.: Dopravní nehoda má oproti dopravním uzavírkám charakter dočasné události trvající v řádu několika hodin. Z důvodu ukázky funkcionality je dopravní událost Viadukt – nehoda (podkapitola 3.5) vytvořena bez časového omezení tak, aby bylo možné událost prohlížet i pro jiný den.

⁶⁶Pozn.: Tento dopravní scénář je řešen v pořadí jako první, jedná se ale jen o „pomocný“ dopravní scénář, který nemá přímou souvislost s bodem 4 ze zásad pro vypracování této práce (Návrh scénářů vhodných pro aplikaci v územním plánování). Pro potřebu diskuze je tedy zařazen až jako poslední.

- znalost přesných informací z generátorů dopravy, z nichž je spočtena OD matice,
- přesný tvar modelované sítě,
- správné nastavené zakázaných směrů odbočení,
- nastavení odpovídající kapacity a rychlosti silničních úseků,
- robustní soubor dat ze sčítání dopravy pro kalibraci modelu. [13, s. 518]

Limitou použitého dopravního modelu pro dopravní scénáře je schopnost modelovat pouze „časově blízké stavy“⁶⁷. Současná verze totiž neumožňuje časový odhad budoucího vývoje dopravy ve střednědobém a dlouhodobém horizontu. Jediným řešením této limity je úprava OD matice, případně generátorů dopravy. Možným návrhem vylepšení je pak úprava současné struktury dopravního modelu v TraMod o možnost ukládat více než jednu OD matici. To by umožnilo nejen modelovat budoucí stav, ale také možnost ukládat OD matice pro různé kategorie motorových vozidel.

Mezi další limity lze zařadit neznalost některých vlastností silničních úseků. Do této skupiny se řadí například rozdílný typ vozovky, množství vozidel stojících na silnici či lokální omezení rychlosti. Tyto změny mají velký vliv na chování řidičů ve městě, ale dopravní modely tyto vlastnosti ne vždy zohledňují vzhledem ke zpomalení výpočtu dopravního modelu. Řešením by mohlo být převzetí skutečné dosahované rychlosti na silničním úseku z FCD dat⁶⁸.

Poslední limita souvisí s webovou aplikací TraMod. V současné verzi není možné provést aktualizaci dopravního modelu ve webové aplikaci, ale pouze skrze editaci tabulek v SW QGIS a opakovanému nasazení frontendu.

5.3 Výhody a limity TraMod a návrh jejich vylepšení

Výhody TraMod

Výhoda použitého nástroje TraMod tkví v jeho snadné obsluze, kterou zvládne po krátkém zaškolení i uživatel bez předchozí znalosti běžného dopravně-inženýrského softwarového řešení. Druhou výhodou TraMod je dostupnost ve webovém prohlížeči. Grafické prostředí je navrženo pro použití na počítači, případně i v mobilním zařízení. Největší výhodou podle autora práce je dynamické prostředí nástroje, které umožňuje vizualizovat výsledky dopravních scénářů na časové ose, dodává tedy předávané informaci další rozměr. Mezi výhody se řadí i možnost sdílení výstupů z dopravních scénářů s dalšími uživateli či veřejně

⁶⁷jedná se o krátkodobý horizont (odpovídá přibližně intervalu sčítání dopravy)

⁶⁸Pozn.: FCD jsou údaje o poloze, rychlosti a směru vozidla. Tato data jsou k dispozici například pro město Plzeň: https://glayer.innoconnect.net/fcd_traffic_pilsen

sdílení výstupů pro širokou veřejnost. V neposlední řadě je nutné zmínit velmi dobrou přehlednost nástrojů v rámci aplikace a samotnou vizualizaci – její intuitivnost v rámci předávané informace.

Limity TraMod a jejich vylepšení

První zásadní limitou TraMod je absence nástroje pro rozdělení stávajícího silničního úseku, proto je nutné tuto událost řešit uzavřením stávajícího úseku a následně jeho novým přidáním po částech. Důsledkem tohoto postupu není například možné správně zobrazit diferenční mapu mezi starým a novým stavem pro daný silniční úsek.

Druhá limita se týká výpočtu intenzity automobilové dopravy pro nově přidány generátor zóny. V současné době je nutné provést výpočet mimo nástroj například v tabulkovém editoru. Řešením by byla implementace kalkulačky, která by obsahovala automatické návrhy výpočtů intenzity automobilové dopravy podle metodiky *Metody prognózy intenzit generované dopravy*. [50]

Stejnou limitou TraMod je i výpočet kapacity silničního úseku. I v tomto případě je nutné provést výpočet například v tabulkovém editoru. Řešením by byla implementace kalkulačky, která by obsahovala automatické návrhy výpočtů kapacity silničního úseku podle *TP 188: Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací* [54] za předpokladu zachování konzistence stávajících a nových úseků.

Poslední zásadní limitou je pak absence možnosti aktualizace dopravního modelu bez použití dopravního scénáře a následného importu do všech dopravních scénářů. Tato možnost by zjednodušila editaci modelu v případě většího množství změn, neboť v současné době je aktualizace modelu možná jen přes editaci tabulek v SW QGIS a opakovanému nasazení frontendu. Řešením by mohlo být tlačítko, které by umožnilo permanentní změnu. S tím souvisí i již diskutovaná absence úpravy OD matice pro testování budoucího stavu či jeho porovnání se současným stavem.

5.4 Další návrhy vylepšení

Prvním možným vylepšením dopravního modelu je zahrnutí signálních plánů. Z jejich znalosti by bylo možné lépe modelovat kapacitu silniční sítě, která je ve městech limitována spíše kapacitou křižovatek než kapacitou ulic. Bez této znalosti nemusí být obecně tato limitace v dopravním modelu zohledněna. Realizace nastavení kapacity křižovatek by se v tomto dopravním modelu provedla nastavením časového zdržení v rámci tabulky `Turn_restriction`. Nevýhodou tohoto návrhu je časová náročnost výpočtu v dopravním modelu.

Druhé možné vylepšení vychází z modelování negativních dopadů dopravy ve městech. Konkrétně se jedná o zahrnutí znalosti o velikosti dopravního hluku a emisí dopravních prostředků pro daný silniční úsek. Tyto informace by v budoucnosti mohly mít pozitivní vliv při plánování zón bydlení aj.

5.5 Závěrečné shrnutí

Z diskuze vyplývá, že aplikace TraMod je vhodná jako nástroj pro použití v územním plánování. Spíše než strategický nástroj pro plánování staveb se jeví použití v oblasti interaktivního nástroje, který lze použít pro aktuální potřebu (neočekávané události – dopravní nehody, porucha vodovodního řadu, uzavírky z důvodu oprav či konání kulturních a sportovních akcí). Vhodným nástrojem pro strategické plánování by byl TraMod v případě, že by byla aplikace doplněna zejména o nástroj na editaci OD matice, případně i výpočet kapacity silničního úseku.

Závěr

Hlavním cílem předložené diplomové práce bylo ukázat možný potenciál využití dopravního modelování pro potřeby územního plánování měst. Ukázka potenciálu byla následně realizována pomocí dopravních scénářů pro vybrané město.

Prvním krokem bylo provedení rešerše dostupných zdrojů vztahujících se k dopravnímu modelování. Byly prostudovány publikace zabývající se tvorbou dopravních modelů od počátečního stanovení účelu po jejich realizaci. Dále byly blíže prostudovány nástroje územního plánování, které mají vliv na změny prováděné v rámci obce. V neposlední řadě byly prozkoumány vybrané aspekty územního plánování, které mají vztah k dopravnímu modelování.

Aby mohly být realizovány konkrétní dopravní scénáře, byla provedena editace základního dopravního modelu. Hlavním přínosem této části je popis jednotlivých kroků úpravy od základního modelu až po dopravní model, který reflektuje nový účel a detailnější vazby ve městě. Každý z kroků je demonstrován na konkrétních příkladech.

Hlavní část práce se věnuje samotné tvorbě dopravních scénářů ve webové aplikaci. Celkem byly vytvořeny čtyři dopravní scénáře, z nichž tři reprezentují jednotlivé možnosti využití dopravního modeláře. První scénář zobrazuje možnost editace některých vybraných aspektů uvnitř modeláře. Dva dopravní scénáře zobrazují problematiku rozvoje dopravní infrastruktury s ohledem na územní plánování v rámci města, poslední scénář pak ukazuje možné využití pro plánování časově omezených změn ve stávající situaci.

Limitace při editaci dopravního modelu a tvorbě dopravních scénářů včetně jejich realizace zvoleným postupem jsou společně s návrhy na vylepšení popsány v kapitole věnované diskuzi.

Jak vyplývá z uvedené kapitoly s diskuzí, navzdory tomu, že problematika dopravního modelování v územním plánování není novým tématem, stále zůstává mnoho prostoru, kam

Závěr

se vývoj může posunout. Navržené dopravní scénáře v této práci ukazují možný potenciál budoucího snadného a efektivního použití podobných nástrojů pro potřeby rozhodování.

Seznam odborné literatury

Seznam použité literatury

2. OECD. *Transport Bridging Divides: Transport infrastructure trends and regional development*. 2020. Dostupné také z: DOI:<https://doi.org/10.1787/55ae1fd8-en>.
3. ORTUZAR, de Dios J.; WILLUMSEN, L. G. *Modelling Transport*. 4. vydání. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2011. ISBN 978-0-470-76039-0.
4. SIVAKUMAR, A. *Modelling Transport: A Synthesis of Transport Modelling Methodologies*. London: Imperial College of London, 2007. Dostupné také z: https://www.researchgate.net/profile/Aruna-Sivakumar/publication/265147648_MODELLING_TRANSPORT_A_Synthesis_of_Transport_Modelling_Methodologies/links/55b8d0b308aed621de07b0d5/MODELLING-TRANSPORT-A-Synthesis-of-Transport-Modelling-Methodologies.pdf.
5. LOWRY, S. I. *A Model of Metropolis*. Santa Monica: RAND Corporation, 1964. RM-4035-RC. Dostupné také z: <http://www.casa.ucl.ac.uk/rits/lowry.pdf>.
8. ONDRÁČKOVÁ, J.; HOFHANSL, P.; MELZER, Z. a kolektiv. *Metodika pro tvorbu a hodnocení makroskopických dopravních modelů: Minimální standardy návrhů modelů pro dopravní plánování*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 2017. ISBN 978-80-88074-52-6. Dostupné také z: <https://www.cdv.cz/file/metodika-pro-tvorbu-a-hodnoceni-makroskopicky-dopravnich-modelu/>.
10. KHAN, Z. H.; GULLIVER, T. A. A macroscopic traffic model for traffic flow harmonization. *European Transport Research Review*. 2018, roč. 10. Dostupné z: DOI:[10.1186/s12544-018-0291-y](https://doi.org/10.1186/s12544-018-0291-y).
11. NASUHA, N.; ROHANI, M. Overview Of Application Of Traffic Simulation Model. *MATEC Web of Conferences*. 2018, roč. 150, s. 03006. Dostupné z: DOI:[10.1051/mateconf/201815003006](https://doi.org/10.1051/mateconf/201815003006).

12. BOWMAN, J. L.; BEN-AKIVA, M. *Activity-Based Travel Forecasting*. Washington: U. S. Department of Transportation, 1997. Dostupné také z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/56504/TosovskaI_AplikaceMetod_KP_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
13. JEDLIČKA, K.; BERAN, D.; MARTOLOS, J. a kolektiv. Traffic modelling for the smart city of Pilsen. *8ICCGIS Proceedings*. 2020, roč. 1, č. 1, s. 510–520. ISSN 1314-0604. Dostupné také z: <https://iccgis2020.cartography-gis.com/proceedings-vol-1/>.
14. MCNALLY, M. G. *The four step model*. Irvine: University of California. Department of Civil a Environmental Engineering, 2000. Dostupné také z: <https://escholarship.org/uc/item/7j0003j0>.
15. POJKAROVÁ, K. *Ekonomie a prognostika v dopravě*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2006. ISBN 80-7194-868-3. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:ec3af8d0-44fa-11e7-b56f-005056827e52>.
16. LANDA, J. a kolektiv. *Aplikace dopravně logistických přístupů v městských aglomeracích*. Praha: CityPlan s. r. o., 2003.
17. KOLOVSKÝ, F. *Traffic Volume Modeling in Parallel Computing Environment*. Plzeň: Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd, 2017. Dostupné také z: https://dspace.zcu.cz/bitstream/11025/26819/1/MT_Kolovsky.pdf.
18. TOŠOVSKÁ, I. *Aplikace metod růstových faktorů v modelu čtyř kroků*. Pardubice, 2014. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Dostupné také z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/56504/TosovskaI_AplikaceMetod_KP_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
19. OREGON DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. *Scenario Planning Guidelines: Resources for Developing and Evaluating Alternative Land Use and Transportation Scenarios*. 2017. Dostupné také z: <https://www.oregon.gov/odot/Planning/Documents/Oregon-Scenario-Planning-Guidelines.pdf>.
22. TUŠER, J. a kolektiv. *Občan a územní plánování: Práva a povinnosti občanů v oblasti územního plánování*. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, odbor územního plánování, 2019. ISBN 978-80-7538-242-9. Dostupné také z: <https://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/metodicke-prirucky-a-publikacni-materialy/2019/Obcan-a-UP-2019-12-13.pdf>.
23. DAMOHORSKÝ, M. a kolektiv. *Právo životního prostředí*. 3. vydání. Praha: C. H. Beck, 2010. ISBN 978-80-7400-338-7.
24. WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. *Report of the World Commission on Environment and Development: „Our common future“*. New York: United Nations, 1987. UN-Document A/42/427. Dostupné také z: <https://digitallibrary.un.org/record/139811>.

25. MAIER, K. a kolektiv. *Udržitelný rozvoj území*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-4198-7.
26. JIRÁSEK, P. *Územní plánování*. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-868-2. Dostupné také z: http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/45e_final_tisk.pdf.
28. MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. *Politika územního rozvoje České republiky: Úplné znění závazné od 1. 9. 2021*. Praha, 2021. Dostupné také z: https://www.mmr.cz/getmedia/408dfd7d-ae56-44a2-a73b-2dea219355d5/Uplne_zneni_PUR_CR_zavazne_od_20210901.pdf.aspx?ext=.pdf.
31. MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. *Standard vybraných částí územního plánu: Metodický pokyn*. 1. vydání. Praha, 2019. ISBN 978-80-7538-236-8. Dostupné také z: https://www.mmr.cz/getmedia/b8a05fea-6bd2-40e0-8721-d8fd90877a35/StandardUP_metodika.pdf.aspx?ext=.pdf.
32. TUŠER, J. a kolektiv. *Územní studie: Metodický pokyn*. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Ústav územního rozvoje, 2010. Dostupné také z: https://mmr.cz/getmedia/f653ecc5-e6e8-4825-b36d-374042a4b167/UzemniStudie_17122010.pdf.
35. MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. *Politika architektury a stavební kultury České republiky*. 3. vydání. 2015. ISBN 978-80-87147-83-2. Dostupné také z: https://www.mmr.cz/MMR/media/MMR_MediaLib/%C3%9Azem%C3%AD%20a%20bytov%C3%A1%20politika/%C3%9Azem%C3%AD%20pl%C3%A1nov%C3%A1n%C3%AD/Strategick%C3%A9%20dokumenty/2015_IV_17_Politika_architektury_a_stavebni_kultury_Ceske_republiky.pdf.
38. BERAN, D. *Stanovení časově proměnné hlukové zátěže z dopravních intenzit*. Plzeň, 2018. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné také z: <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/31483>.
39. BARTOŠ, L.; MARTOLOS, J. *TP 219. Dopravně inženýrská data pro kvantifikaci vlivů automobilové dopravy na životní prostředí*. Plzeň: EDIP s.r.o., 2019. Dostupné také z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_219_2019.pdf.
40. BUTLER, D. Noise management: Sound and vision. *Nature*. 2004, roč. 427, s. 480–1. Dostupné z: DOI: [10.1038/427480a](https://doi.org/10.1038/427480a).
47. FRIEDRICH, M. a kolektiv. Scalable GEH: A Quality Measure for Comparing Observed and Modeled Single Values in a Travel Demand Model Validation. *Transportation Research Record*. 2019, roč. 2673, č. 4, s. 722–732. Dostupné z: DOI: <https://doi.org/10.1177/0361198119838849>.
48. DEPARTMENT FOR TRANSPORT. *TAG unit M3.1: Highway Assignment Modelling*. Londýn, 2020. Dostupné také z: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/938864/tag-m3-1-highway-assignment-modelling.pdf.

49. HNILIČKA, P. a kolektiv. *Územní studie veřejných prostranství Klatovy. ÚS.3 – Plánické předměstí*. Klatovy: Městský úřad Klatovy, 2018. Dostupné také z: https://www.klatovy.cz/mukt/user/odborm/uzemnistudie/klatovy/us-3-klatovy-planicke_predmesti.pdf.
50. MARTOLOS, J. a kolektiv. *Metody prognózy intenzit generované dopravy*. Plzeň: EDIP s.r.o., 2013. ISBN 978-80-87394-08-3.
51. FILIP, J. a kolektiv. *Generel dopravy města Klatov: Analytická část*. Klatovy: Městský úřad Klatovy, 2021. Dostupné také z: https://www.klatovy.cz/mukt/user/strategie/gd/Klatovy-Generel_dopravy-analyticka_cast.pdf.
53. ČSN 73 6101. *Projektování silnic a dálnic*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
54. BARTOŠ, L.; MARTOLOS, J.; RICHTER, A. a kolektiv. *TP 188. Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací*. Plzeň: EDIP s.r.o., 2018. Dostupné také z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_188_2018.pdf.
55. BARTOŠ, L.; MARTOLOS, J. *TP 189. Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích*. 3. vydání. Plzeň: EDIP s.r.o., 2018. Dostupné také z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_189_2018_final.pdf.

Seznam použitých internetových zdrojů

1. RITCHIE, H.; ROSER, M. Urbanization. *Our World in Data*. 2018. Dostupné také z: <https://ourworldindata.org/urbanization>.
6. *Internetová jazyková příručka – model*. Ústav pro jazyk český Akademie věd České republiky, v. v. i., [cit. 10. 8. 2022]. Dostupné také z: <https://prirucka.ujc.cas.cz/?id=model>.
7. *Terminologický slovník zeměměřičství a katastru nemovitostí - model*. Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i., [cit. 10. 8. 2022]. Dostupné také z: <http://www.slovníkczk.eu/termin.php?&tid=1161&l=model>.
9. AUSTRALIAN TRANSPORT ASSESSMENT AND PLANNING. *2. Overview of transport modelling*. [cit. 12. 4. 2022]. Dostupné také z: <https://www.atap.gov.au/tools-techniques/travel-demand-modelling/2-overview>.
27. *Urbanismus a územní plánování*. Atelier T-plan, s. r. o., [cit. 15. 8. 2022]. Dostupné také z: <http://t-plan.cz/cs/sluzby/uzemni-planovani/>.
30. ROHREROVÁ, L. *Limity využití území*. Ústav územního rozvoje, [cit. 12. 4. 2022]. Dostupné také z: <http://www.uur.cz/default.asp?ID=2591>.

34. MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. *Politika architektury a stavební kultury České republiky*. [cit. 3. 4. 2022]. Dostupné také z: [https://www.mmr.cz/cs/ministerstvo/stavebni-pravo/koncepce-a-strategie/politika-architektury-a-stavebni-kultury-ceske-\(1\)/politika-architektury-a-stavebni-kultury-ceske-rep](https://www.mmr.cz/cs/ministerstvo/stavebni-pravo/koncepce-a-strategie/politika-architektury-a-stavebni-kultury-ceske-(1)/politika-architektury-a-stavebni-kultury-ceske-rep).
37. JACURA, M. a kolektiv. *Generel dopravy města Kutná Hora: Zadání pro plán udržitelné mobility v historickém městě UNESCO*. Kutná Hora: Městský úřad Kutná Hora, 2021. Dostupné také z: https://mu.kutnahora.cz/file/5012_1_1/download/.
41. BERAN, D. *Hluk ve 3d – izopásma*. 2018. Dostupné také z: <https://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=0ddf706e3c764317bf8bae4691c8191d&viewpoint=cam:13.37653392,49.74643285,2135.858;2.468,1.048>.
42. *Nehody v ČR*. Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., [cit. 10. 8. 2022]. Dostupné také z: <https://nehody.cdv.cz/statistics.php>.
43. *OmniTRANS*. UDIMO spol. s r. o., [cit. 20. 8. 2022]. Dostupné také z: <http://www.udimo.cz/omnitrans.html>.
44. JEDLIČKA, K. *Traffic Modeller – Polivisu*. [cit. 12. 4. 2022]. Dostupné také z: <https://policyvisuals.eu/traffic-modeller/>.
45. *About Traffic Modeller*. © 2022 Traffic Modeller, [cit. 15. 8. 2022]. Dostupné také z: <https://trafficmodeller.com>.
46. EPSG.IO. *EPSG:1623. S-JTSK to WGS 84 (1)*. [cit. 15. 5. 2022]. Dostupné také z: <https://epsg.io/1623>.
52. ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. *ŘSD ČR - Silnice I/27 přeložka Klatovy, 1. stavba*. [cit. 15. 5. 2022]. Dostupné také z: <https://www.youtube.com/watch?v=qmqRcm1niwA>.

Seznam použitých právních předpisů

20. Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).
21. Zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon.
29. Vyhláška č. 500/2006 Sb., o územně analytických podkladech, územně plánovací dokumentaci a způsobu evidence územně plánovací činnosti.
33. Usnesení vlády České republiky dne 14. ledna 2015 č. 22 k Politice architektury a stavební kultury České republiky. *Věstník vlády pro orgány krajů a orgány obcí*. 2015, roč. 13, č. 1, s. 9. ISSN 1214-2263. Dostupné také z: <https://www.mvcr.cz/soubor/vestnik-vlady-pro-kraje-a-obce-1-2015.aspx>.
36. Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území.

Obsah příloženého nosiče

- Trnka_DP.pdf - diplomová práce ve formátu PDF
- data
 - matice
 - OD_2020_LN.txt - OD matice pro lehkou nákladní dopravu
 - OD_2020_O.txt - OD matice pro osobní dopravu
 - OD_2020_TN.txt - OD matice pro těžkou nákladní dopravu
 - OD_matice.xlsx - zpracování vstupních matic
 - vrstvy
 - centroids.shp - generátory dopravy
 - links.shp - silniční síť
- img - složka s obrázky z textu diplomové práce
- java
 - OD_matice.csv - editovaná OD matice pro import
 - src
 - od_matice.java - třída pro import dat do tabulky ODM
 - zone.java - třída pro import dat do tabulky Zone
- sql
 - naplneni_modelu.sql - příkazy pro naplnění tabulek
 - schema.sql - schéma tabulek modelu TraMod

Popis použitých atributů ze základního modelu

Links

Název atributu	Datový typ	Popis atributu	Reference
linknr	int	identifikátor	PK
anode	int	identifikátor počátečního uzlu – A	
bnode	int	identifikátor koncového uzlu – B	
capacityab	int	kapacita hrany [voz/h] ve směru A -> B	
capacityba	int	kapacita hrany [voz/h] ve směru B -> A	
speedab	int	maximální rychlost [km/h] ve směru A -> B	
speedba	int	maximální rychlost [km/h] ve směru B -> A	
roadtypeab*	text	kategorie komunikace ve směru A -> B	
roadtypeba*	text	kategorie komunikace ve směru B -> A	
geometry	geometry(Line,4326)	liniová geometrie v S-JTSK (EPSG:5514)	

* editace atributu z důvodu sjednocení datových typů se strukturou TraMod podle [clazz](#) z osm2po

Tabulka B.1: Popis použitých atributů základního dopravního modelu

Datová struktura TraMod

Node

Name	Data type	Description	References
node_id*	int	Unique identifier of each road network node	PK
geometry*	geometry(Point,4326)	Point geometry in the WGS 84 coordinate system (EPSG:4326)	

* required

Tabulka C.1: Popis tabulky Node

Zone

Name	Data type	Description	References
zone_id*	int	Unique identifier of each Zone generating traffic	PK
node_id*	int	Identifier of corresponding Node (connected by connector Edges)	FK referencing node
trips*	real	Sum of values from the OD matrix for the given zone	
geometry*	geometry (Point,4326)	Point geometry in the WGS 84 coordinate system (EPSG:4326)	

* required

Tabulka C.2: Popis tabulky Zone

Edge

Name	Data type	Description	References
edge_id*	serial	Unique edge number / identifier	PK
source*	int	Initial node of the edge	FK references node(node_id)
target*	int	Final node of the edge	FK references node(node_id)
capacity*	real	Maximum number of vehicles which can pass the edge [vehicles/hour] Usually the capacity is set up to 1800 [vehicle/hour/lane]	
cost*	real	time required to pass the edge in hours cost = edge length/speed	
isvalid*	boolean	Can be used for planned roads, which are ready in the model, but not applicable to be modelled yet <i>true</i> : edge is included to the model calculation <i>false</i> : edge is not included in the model calculation	
turn_restriction*	text	Defines turn restrictions <i>default</i> : "" The attribute must exist for backward compatibility; leave it blank; use turn_restriction table instead	
speed*	real	Maximum speed [km/h]	
road_type	int	Number of road type. based on <code>clazz</code> identifier from <code>osm2po</code>	
isvirtual**	boolean	Attribute can be set up <code>True</code> for connectors: edges connecting Zones to nearest road network <i>true</i> : edge used in the model, but not visible in the application <i>false</i> : edge used in the model and also visible in the application	
geometry*	geometry (LineString,4326)	LineString geometry in the WGS 84 coordinate system (EPSG:4326)	

* required

** not in the standard schema

Tabulka C.3: Popis tabulky Edge

ODM

Name	Data type	Description	References
source*	int	Incoming zone number	PK, FK references zone(zone_id)
source_node*	int	Identifier of a network Node corresponding to the incoming zone	FK referencing node
target*	int	Outgoing zone number	PK, FK references zone(zone_id)
target_node*	int	Identifier of a network Node corresponding to the outgoing zone	FK referencing node
flow*	real	Value from the OD matrix	

* required

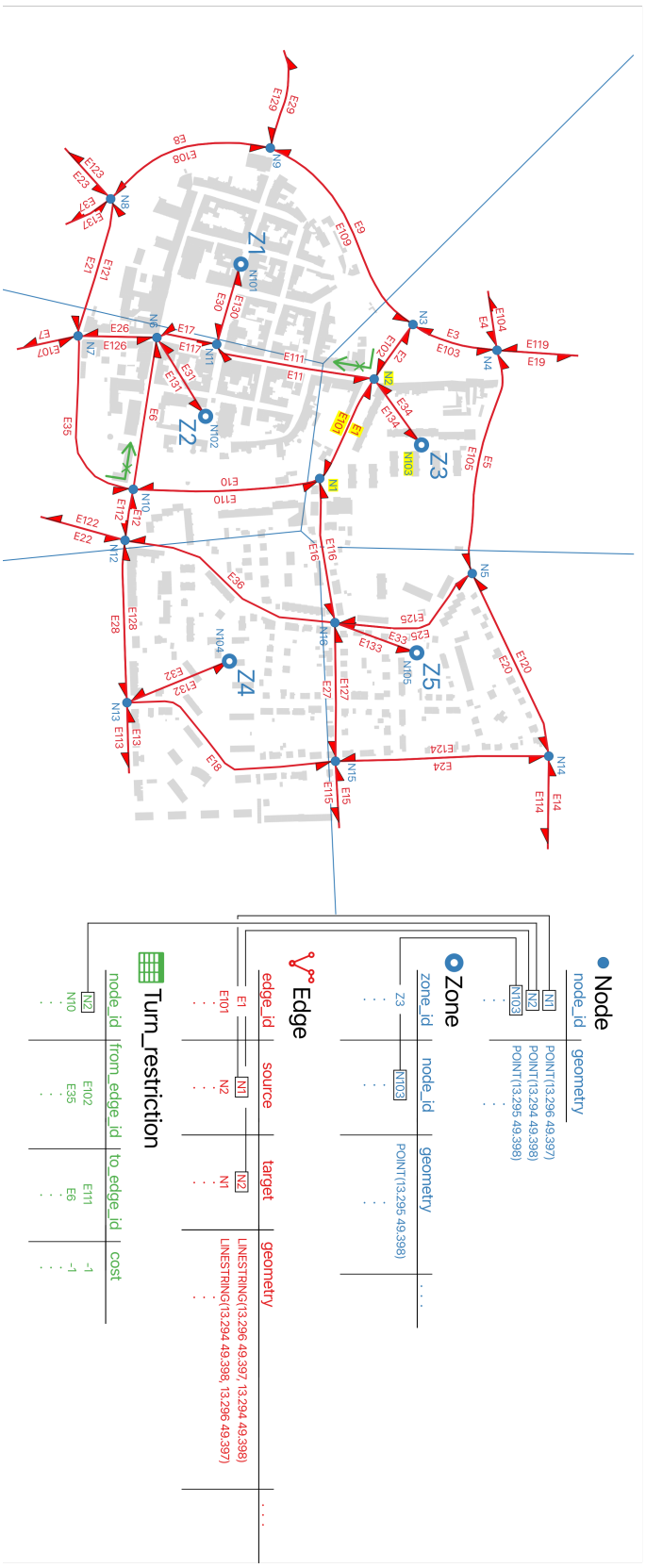
Tabulka C.4: Popis atributů tabulky ODM

Turn_restriction

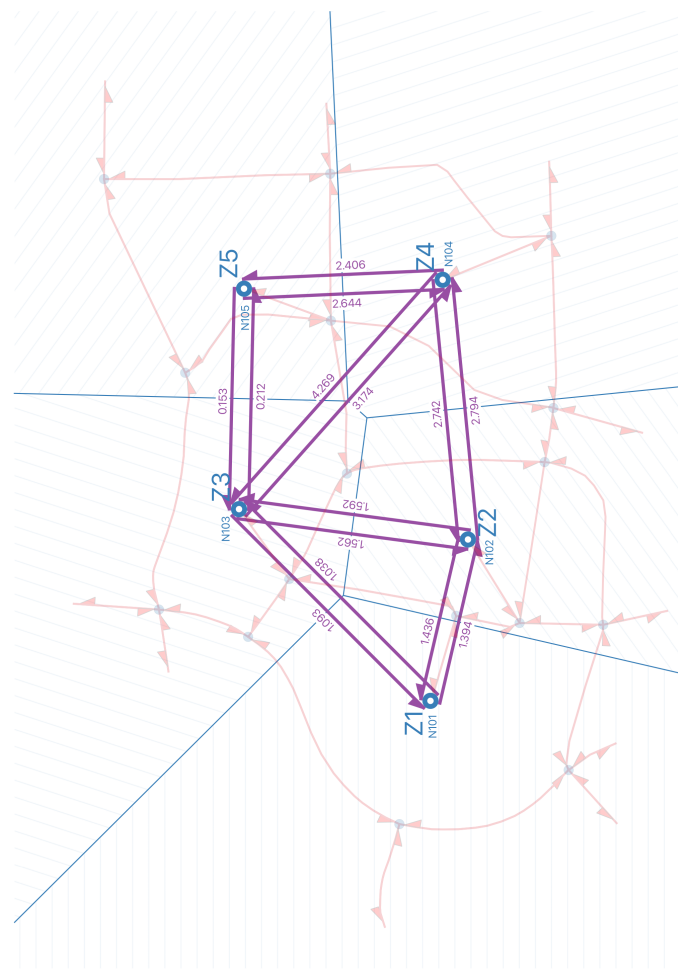
Name	Data type	Description	References
node_id*	int	Unique node number / identifier	PK, FK references zone(zone_id)
from_edge_id*	int	Incoming edge number	PK, FK references edge(edge_id)
to_edge_id*	int	Outgoing edge number	PK, FK references edge(edge_id)
cost*	real	Cost of crossing the intersection (in a given direction) in hours	
		prohibited turn = -1	

* required

Tabulka C.5: Popis tabulky Turn_restriction



Obrázek C.1: Grafické schéma TraMod – tabulka Node, Zone, Edge a Turn_restriction



Zone

zone_id	node_id	geometry	...
Z1	N101	POINT(13.292 49.396)	
Z2	N102	POINT(13.296 49.395)	
...

ODM

source	source_node	target	target_node	flow
Z1	N101	Z1	N102	1.394
Z2	N102	Z1	N101	1.436
...

Obrázek C.2: Grafické schéma TraMod – tabulka Zone a ODM

Data pro výpočet GEH statistiky

Domažlická ulice – směr od Domažlic

Čas	Počet vozidel v měřeném úseku			Hodinová intenzita dopravy z dopravního modelu [voz/h]			GEH
	5. 4.	6. 4.	7. 4.	5. 4.	6. 4.	7. 4.	
0:00 – 1:00	24	26	17	27	27	28	1,00
1:00 – 2:00	10	26	9	19	19	19	0,97
2:00 – 3:00	13	22	15	15	16	16	0,25
3:00 – 4:00	20	34	24	21	21	21	1,03
4:00 – 5:00	53	69	62	56	57	57	0,61
5:00 – 6:00	222	205	224	232	237	239	1,26
6:00 – 7:00	249	322	327	342	350	352	2,71
7:00 – 8:00	496	536	507	458	469	472	2,11
8:00 – 9:00	388	429	381	414	424	427	1,10
9:00 – 10:00	382	432	415	382	391	394	1,03
10:00 – 11:00	301	367	360	372	381	383	1,90
11:00 – 12:00	307	341	315	363	371	374	2,60
12:00 – 13:00	318	358	379	366	375	378	1,12
13:00 – 14:00	368	396	403	379	387	390	0,19
14:00 – 15:00	444	508	495	411	421	424	3,00
15:00 – 16:00	436	520	548	438	448	451	2,56
16:00 – 17:00	370	390	394	412	421	424	1,71
17:00 – 18:00	289	358	334	372	380	383	2,73
18:00 – 19:00	228	241	261	317	325	327	4,73
19:00 – 20:00	155	208	176	232	238	240	3,95
20:00 – 21:00	101	106	109	163	167	168	5,21
21:00 – 22:00	69	78	66	123	126	127	5,48
22:00 – 23:00	82	79	85	86	88	88	0,58
23:00 – 24:00	56	55	44	46	47	48	0,66

Tabulka D.1: GEH statistika pro stanoviště v Domažlické ulici

Plzeňská ulice – směr z centra

Čas	Počet vozidel v měřeném úseku			Hodinová intenzita dopravy z dopravního modelu [voz/h]			GEH
	5. 4.	6. 4.	7. 4.	5. 4.	6. 4.	7. 4.	
0:00 – 1:00	22	21	21	28	29	29	1,47
1:00 – 2:00	19	22	18	20	20	20	0,07
2:00 – 3:00	20	26	30	16	17	17	1,89
3:00 – 4:00	27	27	19	22	22	23	0,41
4:00 – 5:00	84	77	88	59	60	61	2,72
5:00 – 6:00	238	245	219	245	251	253	1,01
6:00 – 7:00	293	266	287	362	370	373	4,79
7:00 – 8:00	344	320	292	484	496	499	8,65
8:00 – 9:00	289	310	280	438	448	452	7,96
9:00 – 10:00	267	311	274	404	414	417	6,85
10:00 – 11:00	257	283	264	393	403	406	7,26
11:00 – 12:00	264	298	298	384	392	395	5,63
12:00 – 13:00	280	304	313	387	397	399	5,12
13:00 – 14:00	266	324	347	400	410	413	5,02
14:00 – 15:00	372	359	331	435	445	448	4,44
15:00 – 16:00	369	361	402	463	474	477	4,56
16:00 – 17:00	295	312	355	435	446	499	7,05
17:00 – 18:00	266	282	274	393	402	405	6,86
18:00 – 19:00	164	198	218	336	344	346	9,09
19:00 – 20:00	126	128	157	246	252	253	8,14
20:00 – 21:00	92	115	111	173	177	178	5,90
21:00 – 22:00	73	88	86	131	134	135	4,91
22:00 – 23:00	48	49	72	90	93	93	4,14
23:00 – 24:00	26	27	32	49	50	50	3,42

Tabulka D.2: GEH statistika pro stanoviště v Plzeňské ulici

Koldinova ulice – směr od Dolan

Čas	Počet vozidel v měřeném úseku			Hodinová intenzita dopravy z dopravního modelu [voz/h]			GEH
	5. 4.	6. 4.	7. 4.	5. 4.	6. 4.	7. 4.	
0:00 – 1:00	1	0	1	8	8	8	3,52
1:00 – 2:00	3	1	1	6	6	6	2,21
2:00 – 3:00	3	3	3	5	5	5	1,00
3:00 – 4:00	3	7	3	6	6	6	0,73
4:00 – 5:00	16	12	18	17	18	18	0,57
5:00 – 6:00	123	108	117	74	75	76	4,20
6:00 – 7:00	127	142	149	109	111	112	2,56
7:00 – 8:00	226	244	231	146	149	151	6,15
8:00 – 9:00	183	174	214	132	135	136	4,40
9:00 – 10:00	168	186	173	122	125	126	4,19
10:00 – 11:00	189	204	192	119	121	122	5,92
11:00 – 12:00	191	184	161	116	118	119	5,01
12:00 – 13:00	179	184	181	117	120	120	5,09
13:00 – 14:00	198	214	229	121	124	124	6,99
14:00 – 15:00	314	332	302	131	134	135	12,19
15:00 – 16:00	302	274	319	140	143	144	10,51
16:00 – 17:00	191	193	182	131	134	135	4,36
17:00 – 18:00	124	116	117	119	121	122	0,15
18:00 – 19:00	81	81	91	101	104	104	1,93
19:00 – 20:00	46	59	46	74	76	76	3,15
20:00 – 21:00	24	25	31	52	53	53	4,13
21:00 – 22:00	20	27	25	39	40	40	2,78
22:00 – 23:00	26	28	25	27	28	28	0,26
23:00 – 24:00	7	9	7	14	15	15	2,09

Tabulka D.3: GEH statistika pro stanoviště v Koldinově ulici

Puškinova ulice – směr od Horažďovic

Čas	Počet vozidel v měřeném úseku			Hodinová intenzita dopravy z dopravního modelu [voz/h]			GEH
	5. 4.	6. 4.	7. 4.	5. 4.	6. 4.	7. 4.	
0:00 – 1:00	14	23	22	22	22	22	0,51
1:00 – 2:00	11	15	15	15	15	16	0,44
2:00 – 3:00	13	20	15	12	13	13	0,88
3:00 – 4:00	19	27	21	17	17	17	1,20
4:00 – 5:00	57	47	47	45	46	46	0,67
5:00 – 6:00	234	204	207	188	192	194	1,66
6:00 – 7:00	297	244	292	277	283	285	0,24
7:00 – 8:00	399	384	243	371	380	383	1,90
8:00 – 9:00	274	274	242	335	343	346	4,49
9:00 – 10:00	226	252	254	310	317	319	4,27
10:00 – 11:00	253	256	235	301	308	311	3,52
11:00 – 12:00	231	167	235	294	301	303	5,53
12:00 – 13:00	232	210	228	297	304	306	4,87
13:00 – 14:00	279	253	220	307	314	316	3,68
14:00 – 15:00	249	238	237	333	341	343	5,73
15:00 – 16:00	200	198	256	355	363	366	8,42
16:00 – 17:00	217	177	228	334	341	344	8,00
17:00 – 18:00	208	168	183	301	308	311	7,66
18:00 – 19:00	120	181	167	257	263	265	7,31
19:00 – 20:00	110	139	121	188	193	194	5,44
20:00 – 21:00	58	73	57	132	135	136	7,22
21:00 – 22:00	36	54	48	100	102	103	6,48
22:00 – 23:00	25	28	27	69	71	71	6,27
23:00 – 24:00	17	13	11	37	38	38	4,74

Tabulka D.4: GEH statistika pro stanoviště v Puškinově ulici

ulice 5. května – směr od Železné Rudy

Čas	Počet vozidel v měřeném úseku			Hodinová intenzita dopravy z dopravního modelu [voz/h]			GEH
	5. 4.	6. 4.	7. 4.	5. 4.	6. 4.	7. 4.	
0:00 – 1:00	5	16	6	13	13	13	1,21
1:00 – 2:00	7	9	5	9	9	9	0,71
2:00 – 3:00	12	8	17	7	8	8	1,48
3:00 – 4:00	49	14	36	10	10	10	4,96
4:00 – 5:00	41	40	44	27	28	28	2,38
5:00 – 6:00	181	147	168	115	117	118	4,10
6:00 – 7:00	207	224	229	169	173	175	3,40
7:00 – 8:00	280	309	289	227	232	234	3,81
8:00 – 9:00	176	195	175	205	210	211	1,91
9:00 – 10:00	163	192	171	189	194	195	1,28
10:00 – 11:00	132	178	174	184	189	190	1,99
11:00 – 12:00	170	168	193	180	184	185	0,45
12:00 – 13:00	167	180	186	181	186	187	0,52
13:00 – 14:00	181	209	228	188	192	193	1,06
14:00 – 15:00	188	213	278	204	208	210	1,29
15:00 – 16:00	211	208	230	217	222	224	0,32
16:00 – 17:00	181	196	191	204	209	210	1,30
17:00 – 18:00	154	177	193	184	188	190	0,94
18:00 – 19:00	99	146	138	157	161	162	2,70
19:00 – 20:00	85	104	85	115	118	119	2,55
20:00 – 21:00	44	52	62	81	83	83	3,61
21:00 – 22:00	44	33	44	61	62	63	3,03
22:00 – 23:00	27	16	25	42	43	43	3,50
23:00 – 24:00	21	16	9	23	23	23	1,75

Tabulka D.5: GEH statistika pro stanoviště v ulici 5. května