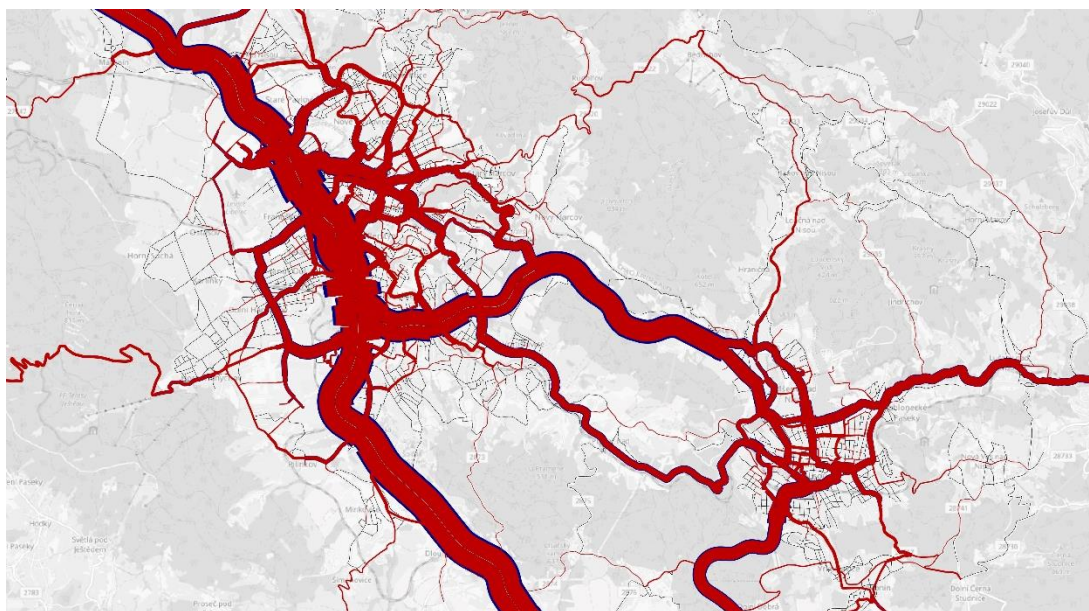
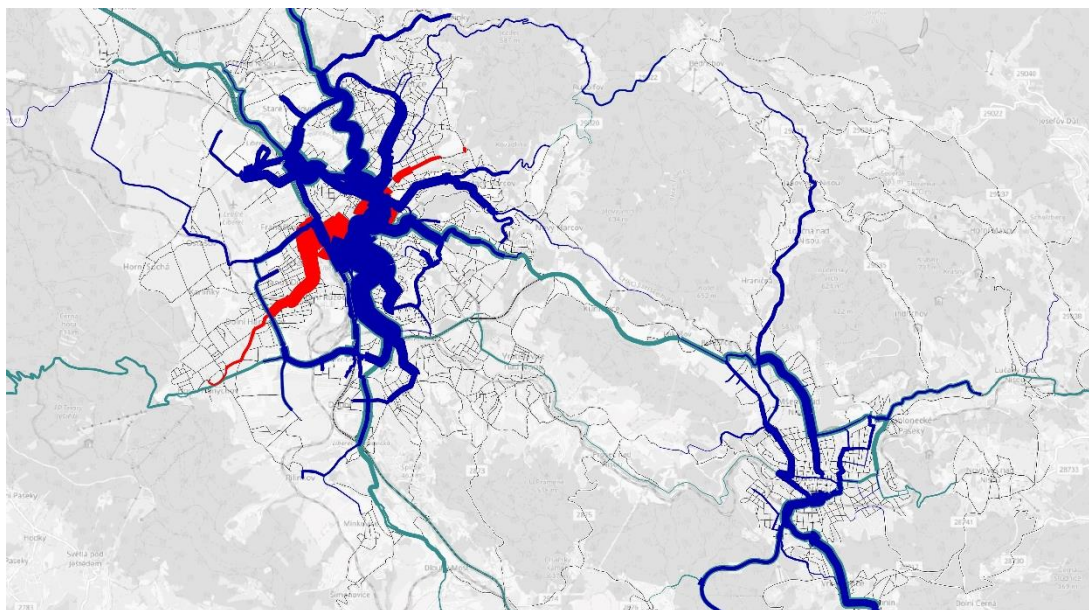




Plán udržitelné městské mobility Liberec – Jablonec nad Nisou 2021 – 2030



Dopravní model



Obsah

Seznam obrázků	3
Úvod.....	4
1. Struktura dopravního modelu.....	5
1.1. Model nabídky	5
1.2. Model poptávky	6
1.2.1. Dopravně-urbanistické okrsky	6
1.2.2. Definování vnějších zón	7
1.3. Propojení nabídky a poptávky	7
2. Model osobní dopravy	9
2.1. Vznik cest.....	9
2.2. Distribuce cest.....	10
2.3. Volba dopravního prostředku.....	10
2.4. Přidělení na síť	11
3. Model nákladní dopravy.....	13
4. Model špičkové hodiny	14
Závěr.....	15
Seznam zkratk.....	16
Seznam příloh	16
Seznam digitálních příloh	16



Evropská unie
Evropský sociální fond
Operační program Zaměstnanost

Seznam obrázků

Obrázek 1	Rozsah sítě dopravního modelu.....	6
Obrázek 2	Dopravní okrsky a jejich demografický popis.....	7
Obrázek 3	Příklad napojení zóny na dopravní síť (sídliště Rochlice).....	8
Obrázek 4	Statistika kalibrace zatížení individuální automobilové dopravy.....	12
Obrázek 5	Statistika kalibrace zatížení veřejné hromadné dopravy.....	12
Obrázek 6	Statistika kalibrace zatížení nákladní automobilové dopravy.....	13



Úvod

Ve Strategickém rámci udržitelné městské mobility (SUMF) Liberec – Jablonec nad Nisou byl v letech 2017-2018 zpracován konvenční čtyřstupňový model dopravní poptávky v prostředí PTV Visum. Tento dopravní model byl pro potřeby Plánu udržitelné městské mobility (SUMP) zaktualizován, zpřesněn a překalibrován podle aktuálních dat z roku 2020. Rozsah dopravního modelu kopíruje řešené území SUMP a odpovídá tak správnímu území měst Liberec, Jablonec nad Nisou, Rychnov u Jablonce nad Nisou a Lučany nad Nisou a obcí Stráž nad Nisou, Kryštofovo Údolí, Šimonovice, Bedřichov, Janov nad Nisou, Nová Ves nad Nisou, Rádlo a Pulečný.

Model je zpracován jako multimodální a pracuje se všemi důležitými dopravními módy, tedy pěší, cyklistickou, veřejnou hromadnou a individuální automobilovou dopravou. Jsou namodelována dvě časová období: špičková hodina a celodenní model (24 hodin).

Použitý software

Pro vytvoření multimodálního dopravního modelu v rámci SUMP byl použit mezinárodně uznávaný a etablovaný software Visum od německé společnosti PTV, která je světovým leaderem ve vývoji softwaru pro dopravní modelování na všech úrovních, počínaje makroskopickými strategickými modely větších územních celků a konče detailními mikroskopickými simulacemi jednotlivých dopravních situací.



1. Struktura dopravního modelu

1.1. Model nabídky

Model dopravní nabídky je tvořen především parametrizovanou dopravní sítí a nabídkou spojů veřejné hromadné dopravy v řešeném území.

Dopravní síť je složena z následujících prvků:

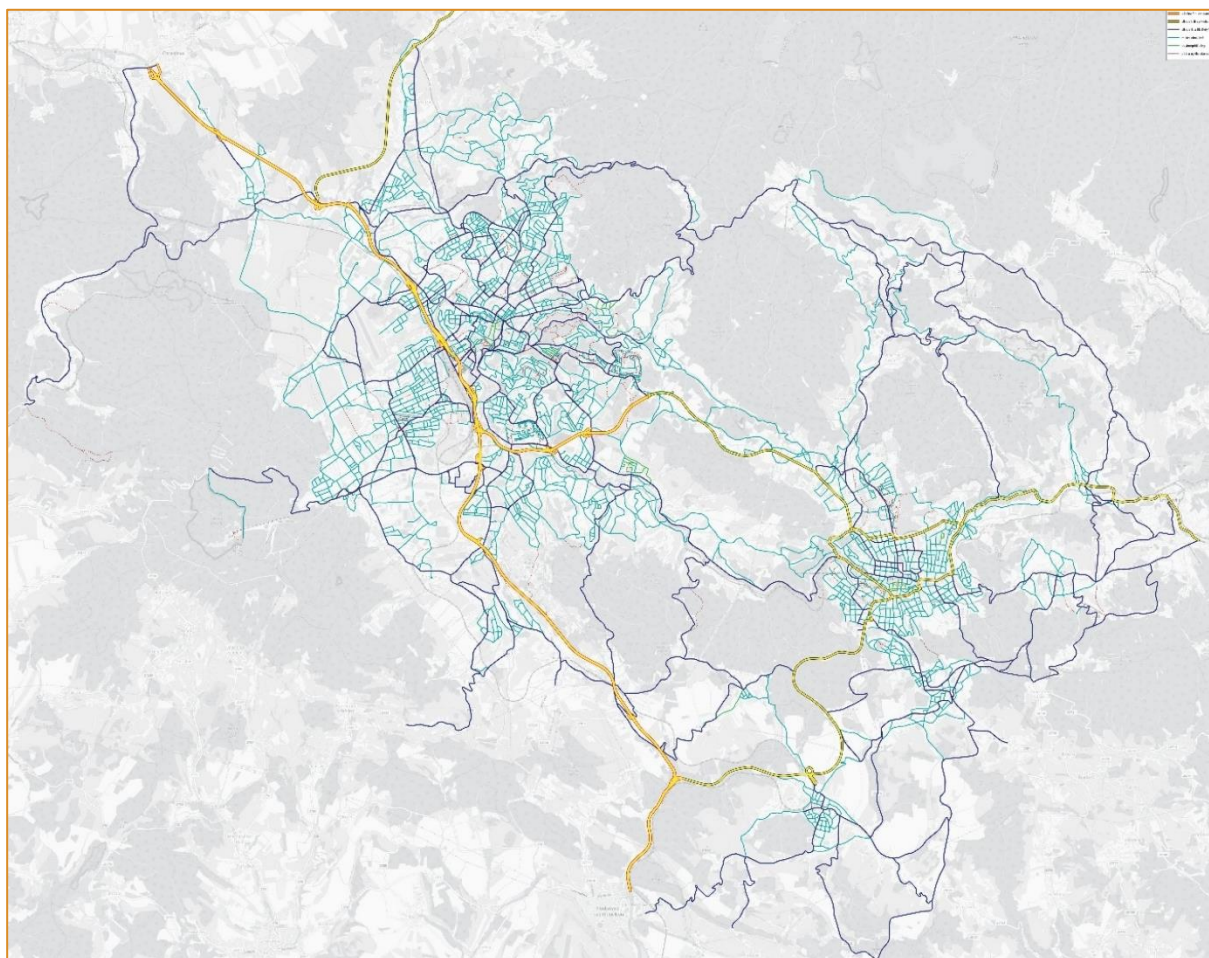
- silnic I. třídy,
- silnic II. třídy,
- silnic III. třídy,
- sběrných místních komunikací,
- dopravně významných obslužných místních komunikací,
- významných stezek pro pěší a cyklisty,
- železničních a tramvajových tratí.

Všechny úseky komunikací obsažené v modelové síti jsou popsány z hlediska základních dopravně inženýrských veličin, především rychlostí volného dopravního proudu a kapacitou komunikace.

Dopravní síť se skládá celkem z 5 585 uzlů a 16 034 úseků o celkové délce 1 065 km.

Nabídka spojů veřejné dopravy obsahuje veškeré linky městské hromadné dopravy – autobusové i tramvajové a dále kompletní nabídku spojů regionální autobusové a vlakové dopravy obsluhující řešené území.

V modelu je vytvořeno 417 zastávek veřejné dopravy, které obsluhuje 329 variant linek městské a regionální dopravy, celkem 4 111 spojů.



Obrázek 1 Rozsah sítě dopravního modelu

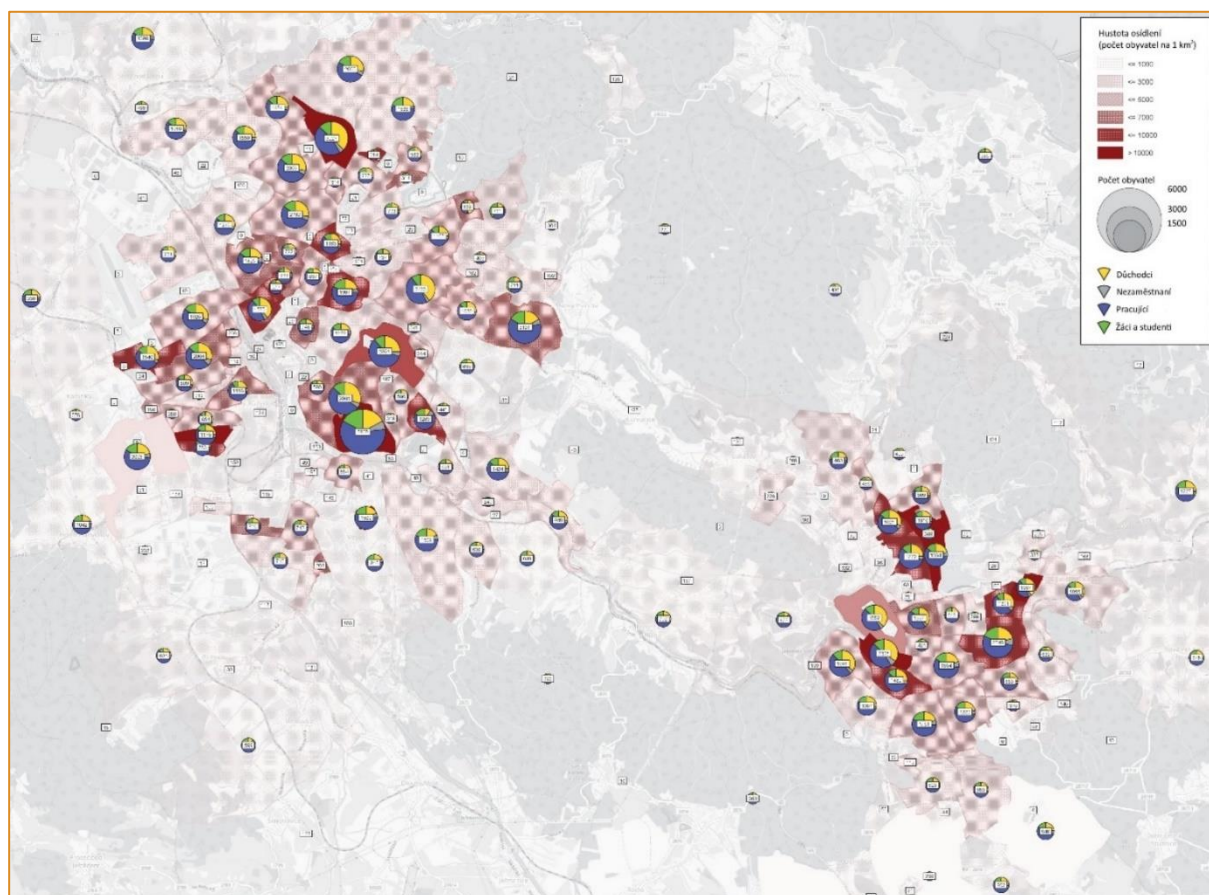
1.2. Model poptávky

1.2.1. Dopravně-urbanistické okrsky

Základními stavebními kameny území jsou pro model dopravní poptávky dopravně-urbanistické okrsky (zóny), které beze zbytku pokrývají celé řešené území SUMP. Hranice těchto zón vycházejí z hranic základních sídelních jednotek (ZSJ), jejichž hranice byly v některých případech upraveny a jednotlivá ZSJ byla v odůvodněných případech dále dělena z dopravních, geografických nebo demografických důvodů.

Tímto způsobem bylo pro potřeby dopravního modelu vytvořeno 257 zón, které jsou z hlediska využití území a dopravní funkce dále nedělitelné.

Tyto dopravní okrsky jsou následně popsány z hlediska demografie. Je sledován počet obyvatel v rozlišení dle ekonomické aktivity na žáky a studenty, pracující, nezaměstnané a důchodce. Dále pak z hlediska jejich atraktivity pro dopravu. Určujícími veličinami pro kvantifikaci atraktivity jsou počet pracovních míst, počet míst ve školách, nabídka služeb a také atraktivita turistických cílů v daném dopravním okrsku.



Obrázek 2 Dopravní okrsky a jejich demografický popis

1.2.2. Definování vnějších zón

Pro modelaci dopravní poptávky z území ležícího mimo řešenou oblast SUMP je nezbytné definovat vnější dopravní zóny. Tyto zóny jsou prezentovány pozemními komunikacemi, případně železničními tratěmi, které překračují hranice řešeného území a propojují tak modelovou síť se zbytkem České republiky. Celkem je definováno 20 vnějších dopravních zón.

Obdobně jako vnitřní zóny jsou i vnější zóny popsány z hlediska produktivity a atraktivity pro dopravu. Na rozdíl od vnitřních jsou zde popsány pouze dílčí objemy dopravy provázané přímo s řešeným územím, ať už se jedná o dopravu zdrojovou, cílovou nebo tranzitní. Hlavním zdrojem těchto informací jsou údaje Českého statistického úřadu o pravidelné vyjížděcí a dojížděcí do škol a zaměstnání.

1.3. Propojení nabídky a poptávky

Vzájemné propojení dopravní poptávky reprezentované dopravními zónami a dopravní sítě prezentující nabídku je realizováno pomocí tzv. konektorů. Každá zóna může být na síť napojena teoreticky neomezeným množstvím konektorů. Existují dvě možnosti pro přidělování cest na jednotlivé konektory – první variantou je absolutní přidělení, kdy model sám vyhodnocuje, který konektor je pro danou cestu nejvýhodnější a druhou variantou je sdílené přidělení, kdy je

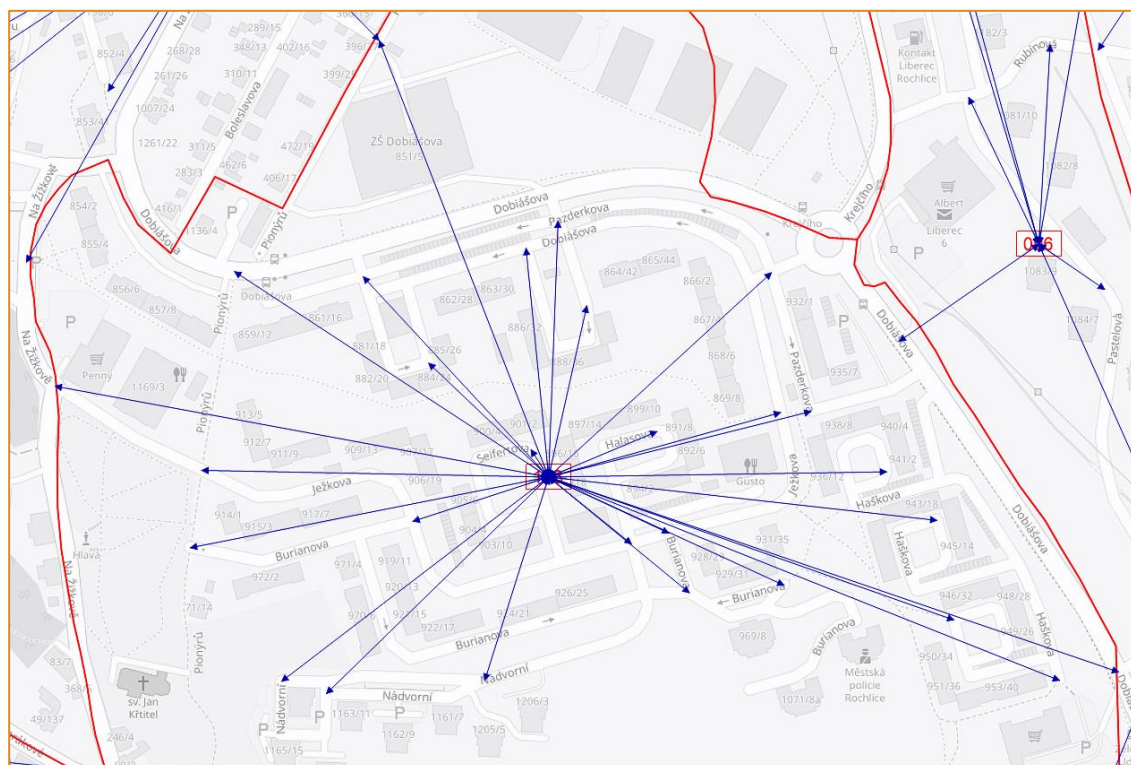


poptávka mezi konektory přerozdělena podle předem daného procentuálního poměru. Druhá varianta je vhodná zejména pokud se v okrsku nachází nějaký významný zdroj/cíl dopravní poptávky, nebo naopak v případě, že je rozdělení poptávky v území rovnoměrné (např. bydlení v rodinných domech).

Další důležitou vlastností konektorů je jejich využití pro jednotlivé dopravní módy. Konektor může být přístupný buď všem, nebo jen vybraným druhům dopravy.

Konektory spojují pomyslná těžiště dopravní zóny s místy na síti, kde se nacházejí zdroje a cíle dopravní poptávky, což jsou v praxi křižovatky s obslužnými či účelovými komunikacemi, které už nejsou součástí modelové sítě anebo vjezdy do areálů, parkovišť apod.

Celkem dopravní model obsahuje 3 614 aktivních konektorů.



Obrázek 3 Příklad napojení zóny na dopravní síť (sídliště Rochlice)



2.2. Distribuce cest

Pro distribuci cest je použit gravitační model, kde je specifikum každé vrstvy poptávky popsán pomocí distribuční funkce, jejíž parametry jsou odvozeny z výsledků dotazníkového průzkumu domácností. Z průzkumu je vypočtena pravděpodobnost vzniku cesty určité délky pro každou vrstvu poptávky a jako soubor odporových hodnot je použita matice průměrného trvání cesty mezi zónami v rozdělení dle možnosti využití osobního automobilu.

Výsledkem tohoto kroku jsou matice dopravní poptávky pro všechny poptávkové vrstvy.

2.3. Volba dopravního prostředku

Pro výpočet dělby přepravní práce je použit model generalizovaných nákladů. Parametry jsou převzaty z metodického manuálu multimodálního modelování osobní dopravy v českém prostředí (MD ČR, 2009) a nadále zkalibrovány tak, aby odpovídaly současné době (rok 2020) a především lokálním specifickým řešeného území.

Použitý vzorec pro určení generalizovaných nákladů pro individuální automobilovou dopravu:

$$V_{IAD} = D_{IAD} \cdot P_{IAD} / O_{IAD} + T_{IAD} \cdot H_{IVT} + Pr_{IAD} \cdot W_{PR} \cdot H_{IVT} + K_{IAD}$$

D_{IAD} délka cesty [km]

P_{IAD} provozní náklady na km cesty

O_{IAD} průměrná obsazenost osobních aut

T_{IAD} doba trvání cesty [min]

H_{IVT} vnímaná minutová hodnota času osoby ve vozidle

Pr_{IAD} čas docházky na začátku a konci cesty [min]

W_{PR} koeficient vnímané hodnoty času docházky oproti času strávenému ve vozidle

H_{IVT} vnímaná minutová hodnota času osoby ve vozidle

K_{IAD} kalibrační koeficient

Pro pěší a cyklistickou dopravu z tohoto vzorce zůstává pouze část popisující cenu času stráveného ve vozidle, resp. na jízdním kole a chůzi:

$$V_{C,P} = T_{IAD} \cdot H_{IVT} + K_{C,P}$$

$K_{C,P}$ kalibrační koeficient

Použitý vzorec pro určení generalizovaných nákladů pro veřejnou hromadnou dopravu:

$$V_{HD} = J + T_{HD} \cdot H_{IVT} + Pr_{HD} \cdot W_{PR} \cdot H_{IVT} + C \cdot W_C \cdot H_{IVT} + P \cdot K_P + K_{HD}$$



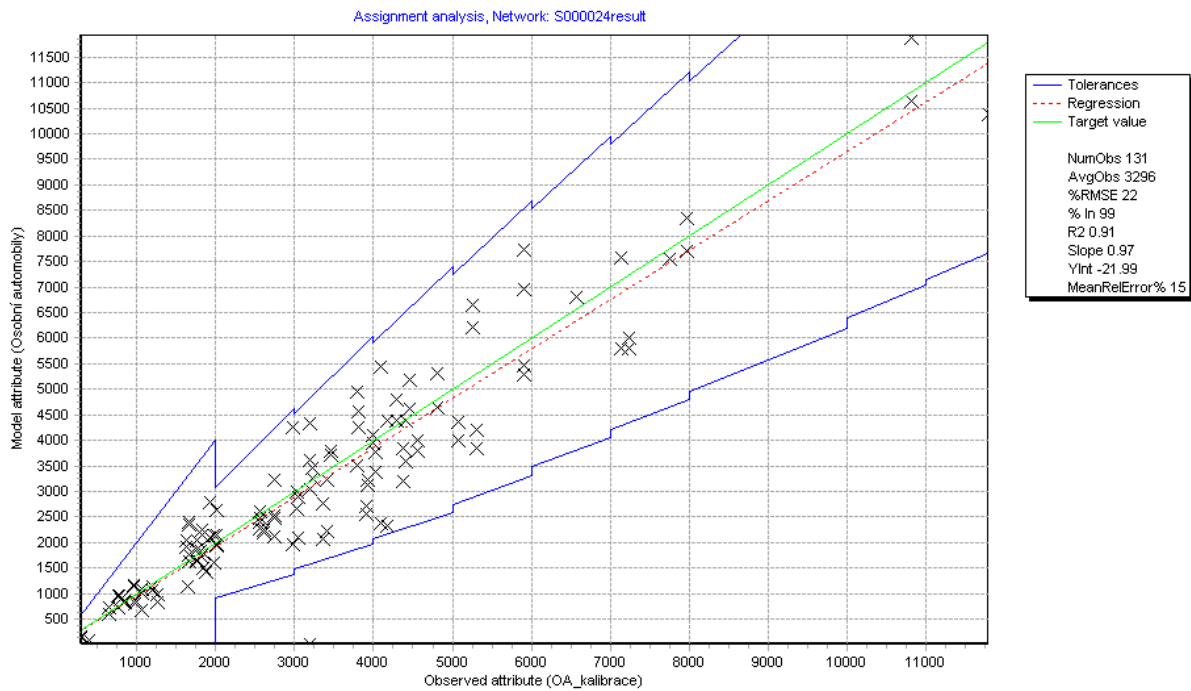
J	jízdné
T_{HD}	doba trvání cesty [min]
H_{IVT}	vnímaná minutová hodnota času osoby ve vozidle
Pr_{HD}	čas docházky na začátku a konci cesty a čas chůze při přestupech [min]
W_{PR}	koeficient vnímané hodnoty času docházky oproti času strávenému ve vozidle
C	doba čekání na zastávce [min]
W_C	koeficient vnímané hodnoty času čekání oproti času strávenému ve vozidle
P	počet přestupů
K_P	konstanta přestupu v Kč (penalizace za nepohodlí přestupu)
K_{HD}	kalibrační koeficient

Vnímaná hodnota času je odvozená od průměrné čisté měsíční mzdy v regionu, která je uvažovaná 23 610 Kč a vnímaná minutová hodnota času je v závislosti na možnosti využití osobního automobilu 0,36 Kč, pokud nemám k dispozici osobní auto a 0,59 Kč, pokud auto k dispozici mám.

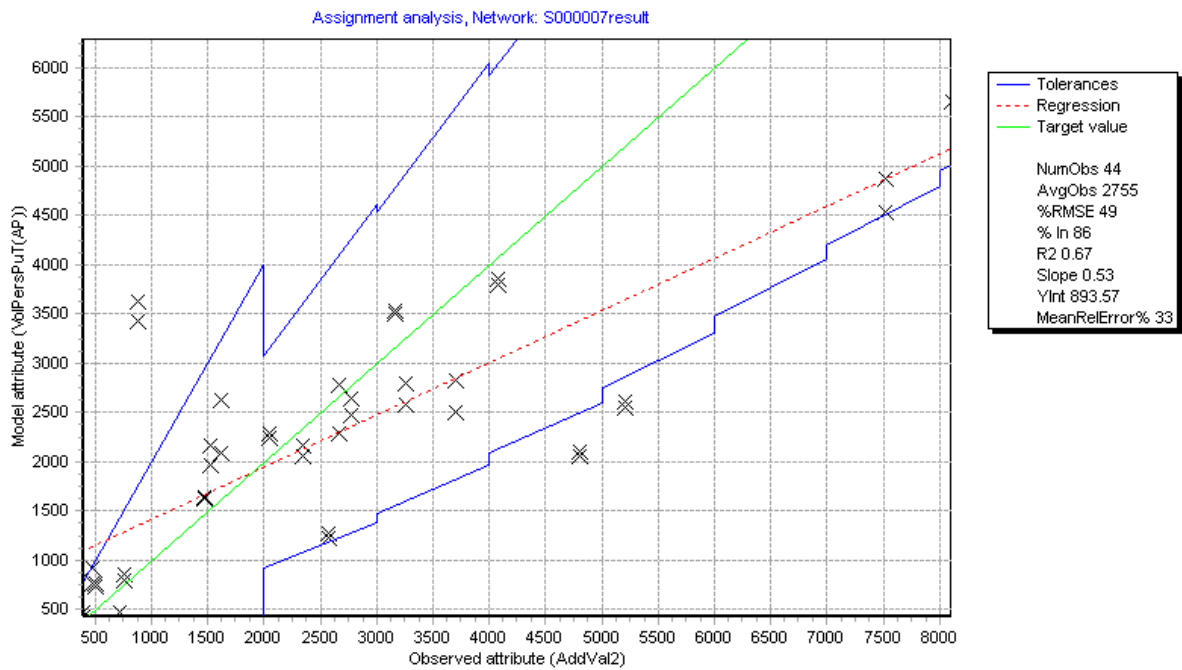
2.4. Přidělení na síť

Zatížení dopravní sítě je spočítané s pomocí stochastických algoritmů zohledňujících omezenou kapacitu dopravní nabídky, jak pro individuální, tak hromadnou dopravu.

Pro výpočet zatížení individuální automobilové dopravy byl použit algoritmus Equilibrium, pomocí kterého je dosaženo optimálního stavu prostřednictvím srovnávání intenzit a kapacity v několika iteracích. Pro výpočet zatížení veřejné dopravy byl využit algoritmus Timetable, který pracuje s kompletním jízdním řádem všech linek včetně typu a kapacity vozidel.



Obrázek 4 Statistika kalibrace zatížení individuální automobilové dopravy



Obrázek 5 Statistika kalibrace zatížení veřejné hromadné dopravy

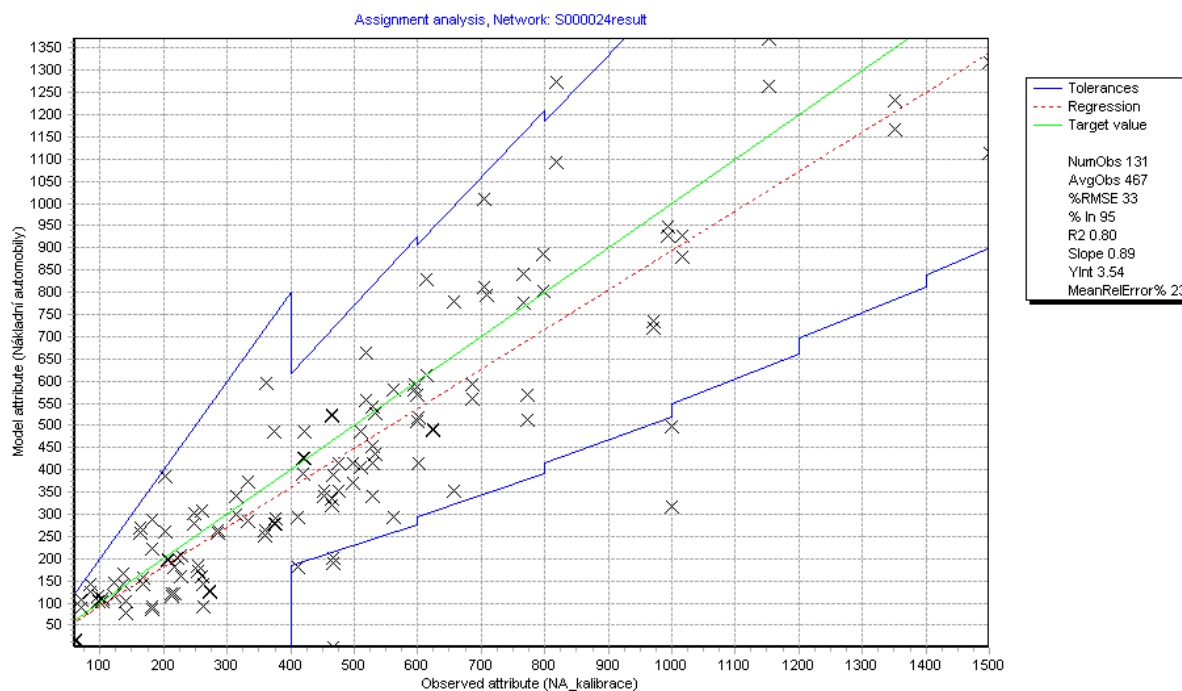


3. Model nákladní dopravy

Nákladní silniční doprava je od prvního kroku modelována společně s dopravou osobní. Železniční nákladní doprava není součástí dopravního modelu. O nákladní dopravě existuje oproti osobní daleko méně informací, jelikož se jedná převážně o neveřejná data soukromých společností a z tohoto důvodu je její implementace do dopravního modelu více závislá na kvalitě kalibrace. Vzhledem k množství použitých kalibračních profilů je však výsledek více než uspokojivý. Pro tvorbu a distribuci cest je základním předpokladem úvaha, že nákladní doprava je generovaná v závislosti na lidské pracovní činnosti a tedy, že množství nákladní dopravy úzce souvisí s počtem pracovních míst v dané zóně, přičemž každá dopravní zóna byla expertně posouzena z hlediska objemu zdrojové a cílové nákladní dopravy.

S těmito vstupními předpoklady byla pomocí gravitační funkce vytvořena matice nákladní dopravy, která byla následně kalibrována podle známých intenzit nákladní dopravy z předběžných výsledků celostátního sčítání dopravy z roku 2020, získaných od objednatele.

Přidělení na síť proběhlo obdobně jako u osobních automobilů pomocí iteračního algoritmu Equilibrium.



Obrázek 6 Statistika kalibrace zatížení nákladní automobilové dopravy



4. Model špičkové hodiny

Vedle 24-hodinového modelu byl vytvořen model špičkové hodiny, postihující extrémní dopravní zátěž v průběhu pracovního dne. Pro zatížení tohoto modelu byly upraveny poptávkové matice jednotlivých vrstev poptávky pomocí koeficientů odpovídajícím poměru poptávky po cestě daného účelu ve špičkové hodině ku celému dni. Tyto koeficienty byly určeny na základě dotazníkového průzkumu podle rozložení cest jednotlivých účelů v čase.

Pro zatížení dopravní sítě takto upravenou maticí byly sníženy kapacity úseků, uzlů i jednotlivých křižovatkových pohybů na hodnoty odpovídající hodinové kapacitě.

Matice modelu špičkové hodiny má velikost zhruba 8 % 24-hodinové matice.



Závěr

V rámci Plánu udržitelné městské mobility Liberec – Jablonec nad Nisou byl zpracován konvenční čtyřstupňový model dopravní poptávky v prostředí PTV Visum. Model je kompletně multimodální a pracuje s následujícími dopravními módy: osobní a nákladní automobilová doprava, veřejná hromadná doprava, cyklistická a pěší doprava. V prvním kroku byl vytvořen model stávajícího stavu, který byl pro tyto účely definován jako rok 2020.

Po zkalibrování modelu současného stavu následuje jeho využití pro modelaci návrhového stavu automobilové a veřejné dopravy. Součástí modelování návrhového stavu je prognóza dopravy pro návrhový horizont 2030. Prognostickou maticí se při prognóze zatěžuje návrhová síť obsahující změny silniční sítě, jakož i nové tramvajové tratě, nové železniční zastávky a změny linkového vedení veřejné dopravy. Výstupy prognózy dopravy jsou v příloze Návrhové části.

Model bude v dynamické podobě udržován funkční na pracovišti zhotovitele, aby bylo možné jej v budoucnu využít pro jiné projekty, případně jej aktualizovat na základě nových dat a průzkumů.



Seznam zkratk

Kč	koruna česká
MD ČR	Ministerstvo dopravy České republiky
SUMF	Strategický rámec udržitelné městské mobility
SUMP	Plán udržitelné městské mobility
tzv.	takzvaný, takzvaně
ZSJ	základní sídelní jednotky

Seznam příloh

1. Kartogram IAD – Stávající stav 2020 – 24 hodin
2. Kartogram HD – Stávající stav 2020 – 24 hodin
3. Kartogram nemotorové dopravy – Stávající stav 2020

Seznam digitálních příloh

1. Dopravní model – datové soubory
2. Kartogram IAD – Stávající stav 2020 – 24 hodin (formát A0)
3. Kartogram HD – Stávající stav 2020 – 24 hodin (formát A0)
4. Kartogram nemotorové dopravy – Stávající stav 2020 (formát A0)



Evropská unie
Evropský sociální fond
Operační program Zaměstnanost

Listopad 2020

Zpracovatelé:

NDCON, spol.s.r.o.

Zlatnická 10/1582

110 00 Praha1

ndcon@ndcon.cz

SPF Group, s.r.o.

Bozděchova 99/6

400 01 Ústí nad Labem

nfo@spfgroup.org

