



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Jan Buzák

**Hodnocení příležitostí dálkové železniční dopravy
v České republice**

Diplomová práce



K617 Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jan Buzák

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LO – Logistika, technologie a management dopravy

Název tématu (česky): **Hodnocení příležitostí dálkové železniční dopravy
v České republice**

Název tématu (anglicky): Opportunities for Long-Distance Rail Transport in the
Czech Republic

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Analýza přepravních vztahů mezi aglomeračními oblastmi v ČR
- Analýza rychlosti spojení aglomeračních oblastí veřejnou a individuální dopravou
- Návrh způsobu hodnocení příležitostí dálkové železniční dopravy v ČR
- Vymezení příležitostí dálkové železniční dopravy v ČR
- Ověření návrhu na vybrané relaci

Rozsah grafických prací: podle charakteru tématu diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Kol. autorů: Merkblatt zum Integralen Taktfahrplan, FGSV Berlin, 2001
Weidmann, U.: System- und Netzplanung, Band 1.2, Angebotskonzepte des Personenverkehrs, ETH Zürich, 2008
Vuchic, V. R.: Urban Transit Systems and Technology, Hoboken Wiley, 2007

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vít Janoš, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2014**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **31. května 2015**

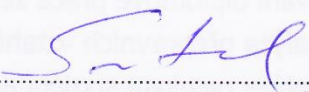
- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


prof. Ing. Petr Moos, CSc.

vedoucí

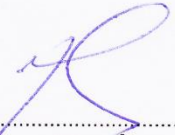
Ústavu logistiky a managementu dopravy




prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Jan Buzák

jméno a podpis studenta

V Praze dne.....30. června 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 27.5.2015

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi po dobu mého pětiletého studia na Fakultě dopravní poskytli inspiraci nejen pro tvorbu této diplomové práce. Děkuji zejména vedoucím studentského projektu „Integrovaný taktový grafikon v ČR“, pánům Ing. Vítu Janošovi, Ph.D. a Ing. Karlu Baudyšovi, Ph.D., a také ostatním kolegům, s nimiž jsem měl tu čest v rámci zmíněného projektu spolupracovat. Za pomoc a cenné rady bych chtěl jmenovitě poděkovat kolegovi Ing. Milanu Křížovi. Dále děkuji společnosti PTV Planung Transport Verkehr AG za poskytnutí bezplatné licence k plné verzi softwaru PTV VISUM. V neposlední řadě pak chci samozřejmě poděkovat rovněž své rodině za všestrannou podporu, kterou mi poskytovala během celého mého studia.

Název práce: Hodnocení příležitostí dálkové železniční dopravy v České republice
Autor: Bc. Jan Buzák
Vedoucí práce: Ing. Vít Janoš, Ph.D.
Vysoká škola: České vysoké učení technické v Praze
Fakulta: Fakulta dopravní
Ústav: Ústav logistiky a managementu dopravy
Rok: 2015

Abstrakt:

Cílem této diplomové práce je navrhnout a prakticky ověřit způsob hodnocení příležitostí dálkové železniční dopravy v České republice založený na principech a metodách makroskopického dopravního modelování. Na základě analýzy veřejně dostupných dat o přepravní poptávce a parametrů spojení veřejnou a individuální automobilovou dopravou je s využitím softwaru PTV VISUM nejprve zkonstruován zjednodušený dopravní model ČR, jenž je následně využit pro vymezení příležitostí a kvantifikaci přínosů konkrétního navrženého provozního opatření v dálkové železniční dopravě.

Klíčová slova:

veřejná doprava, dálková železniční doprava, individuální automobilová doprava, přepravní poptávka, makroskopický dopravní model, PTV VISUM, LOGIT, příležitost železniční dopravy, analýza cestovní doby, dělba přepravní práce, modal split

Thesis title: Opportunities for Long-Distance Rail Transport in the Czech Republic
Author: Bc. Jan Buzák
Thesis supervisor: Ing. Vít Janoš, Ph.D.
University: Czech Technical University in Prague
Faculty: Faculty of Transportation Sciences
Department: Department of Logistics and Transport Management
Year: 2015

Abstract:

The main objective of this thesis is to design a method for opportunities evaluation in the field of long-distance rail transport in the Czech Republic. Initially, a detailed analysis of the transport demand and supply for both public and private transport is carried out. In the next step, a simplified transport network and transport demand models are designed using the software program PTV VISUM. Finally, the method for opportunities evaluation and quantification based on the transport demand model outputs is defined and employed in order to evaluate possible benefits of a proposed particular modification of the rail transport supply.

Keywords:

public transport, long-distance rail transport, private transport, macroscopic modelling, transport demand, transport demand model, transport supply, transport network model, PTV VISUM, LOGIT, opportunities for rail transport, travel time analysis, modal split

Obsah

Seznam obrázků.....	11
Seznam tabulek.....	12
Seznam příloh.....	13
Seznam použitých zkratk.....	14
Úvod.....	15
1 Analýza přepravních vztahů mezi aglomeračními oblastmi v ČR.....	17
1.1 Vymezení aglomeračních oblastí	18
1.2 Analýza přepravní poptávky	22
1.2.1 Základní charakteristiky oblastí.....	23
1.2.2 Mezioblastní dojížděkové proudy dle SLDB 2011.....	25
1.2.3 Přepravní poptávka v rámci jednotlivých oborů dopravy	26
2 Analýza rychlosti spojení aglomeračních oblastí veřejnou a individuální dopravou.....	28
2.1 Parametry přemístění uvnitř oblastí.....	29
2.1.1 Určení přístupových vrcholů oblastí.....	30
2.1.2 Stanovení časové dostupnosti přístupových vrcholů.....	32
2.2 Parametry spojení oblastí individuální dopravou	34
2.3 Parametry spojení oblastí veřejnou dopravou	36
3 Návrh způsobu hodnocení příležitostí dálkové železniční dopravy v ČR	39
3.1 Formulace modelu pro hodnocení příležitostí.....	40
3.1.1 Definice základních parametrů modelu přepravní poptávky.....	41
3.1.2 Vytvoření procedur pro výpočet dělby přepravní práce	42
3.1.3 Návrh způsobu hodnocení příležitostí železniční dopravy.....	47
4 Vymezení příležitostí dálkové železniční dopravy v ČR.....	48
4.1 Validace dopravního modelu.....	49
4.2 Analýza výchozí situace	51
5 Ověření návrhu na vybraných relacích	55
5.1 Návrh opatření v železniční dopravě	55

5.2	Výpočet očekávané dělby přepravní práce	58
5.3	Kvantifikace příležitostí železniční dopravy.....	59
	Závěr.....	62
	Seznam použitých zdrojů	65
	Přílohy	

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Územní vymezení množiny vybraných oblastí	20
Obrázek 1.2: Mezioborové srovnání přepravních objemů ve veřejné osobní dopravě	27
Obrázek 2.1: Fáze přemístění v rámci mezioblastního přepravního proudu	28
Obrázek 2.2: Příklad grafické reprezentace napojení oblasti na dopravní síť	30
Obrázek 3.1: Schéma rozhodovacího procesu pro identifikaci příležitostí žel. dopravy	47
Obrázek 4.1: Graf rozdílů cestovních dob veřejné dopravy a IAD	51
Obrázek 4.2: Histogram rozdílů cestovních dob veřejné dopravy a IAD	52
Obrázek 4.3: Graf závislosti relativního podílu veřejné dopravy na rozdílu cestovních dob ..	54

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Podrobný přehled výsledné množiny vybraných oblastí.....	21
Tabulka 1.2: Vybrané charakteristiky oblastí	24
Tabulka 2.1: Přehled nadefinovaných přístupových vrcholů oblastí	31
Tabulka 2.2: Typy hran v modelu sítě pozemních komunikací	35
Tabulka 2.3: Seznam traťových úseků zahrnutých do modelu železniční sítě	37
Tabulka 3.1: Přehled základních parametrů dopravního modelu	42
Tabulka 4.1: Validace dopravního modelu z hlediska cestovních dob IAD	50
Tabulka 5.1: Návrh úprav JŘ dálkové železniční dopravy v relaci Praha - Plzeň.....	56
Tabulka 5.2: Návrh úprav JŘ dálkové železniční dopravy v relaci Plzeň - Praha.....	56
Tabulka 5.3: Návrh úprav JŘ dálkové železniční dopravy v relaci Praha - Č. Budějovice.....	57
Tabulka 5.4: Návrh úprav JŘ dálkové železniční dopravy v relaci Č. Budějovice - Praha.....	57
Tabulka 5.5: Přehled relací s navýšením absolutního podílu veřejné dopravy.....	60

Seznam příloh

Příloha A: Matice přepravních vztahů	i
Příloha B: Průměrné cestovní doby uvnitř oblastí	iv
Příloha C: Grafické znázornění modelu dopravní sítě ČR	vi
Příloha D: Přehled nadefinovaných linek veřejné dopravy	vii
Příloha E: Grafické znázornění četnosti spojů v modelu veřejné dopravy	ix
Příloha F: Cestovní doby veřejné dopravy a IAD (výchozí stav)	x
Příloha G: Dělbá přepravní práce (výchozí stav)	xii
Příloha H: Cestovní doby veřejné dopravy po realizaci navrhovaného opatření	xvi
Příloha I: Dělbá přepravní práce po realizaci navrhovaného opatření	xvii

Seznam použitých zkratk

AN	autobusové nádraží
CAN	centrální autobusové nádraží
ČD	České dráhy, akciová společnost
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
EC	kategorie vlakových spojů <i>EuroCity</i>
EN	kategorie vlakových spojů <i>EuroNight</i>
Ex	kategorie vlakových spojů <i>Expres</i>
FBS	Fahrplanbearbeitungssystem
GVD	Grafikon vlakové dopravy
IAD	individuální automobilová doprava
IC	kategorie vlakových spojů <i>InterCity</i>
JŘ	jízdní řád
KJŘ	knižní jízdní řád
křiž.	křižovatka
MD ČR	Ministerstvo dopravy České republiky
MHD	městská hromadná doprava
NJŘ	nákresný jízdní řád
Os	kategorie vlakových spojů <i>Osobní vlak</i>
oskm	osobokilometr
PÚR	Politika územního rozvoje
R	kategorie vlakových spojů <i>Rychlík</i>
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic ČR
SC	kategorie vlakových spojů <i>SuperCity</i>
SLDB	Sčítání lidu, domů a bytů
Sp	kategorie vlakových spojů <i>Spěšný vlak</i>
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
TŽK	tranzitní železniční koridor
ÚAN	ústřední autobusové nádraží
z.	zastávka
žst.	železniční stanice

Úvod

V rámci své diplomové práce se budu zabývat problematikou vzájemného vztahu mezi veřejnou a individuální osobní dopravou na území České republiky, přičemž mým cílem – jak již samotný název práce napovídá – bude zhodnocení stávajícího postavení dálkové železniční dopravy na tuzemském dopravním trhu a následný návrh způsobu kvantifikace jejích příležitostí do budoucna. V tomto ohledu bych tak chtěl navázat na téma své bakalářské práce [1], obhájené v září 2013 na Fakultě dopravní ČVUT v Praze. V té jsem se věnoval analýze přepravního potenciálu dálkové železniční dopravy v ČR, na jejímž základě jsem následně zvolil nejperspektivnější mezikrajské relace, pro něž jsem zpracoval a vyhodnotil konkrétní návrhy nové provozní koncepce dálkové železniční dopravy založené na zavedení dodatečných expresních vlakových spojů.

Z poznatků získaných během tvorby zmíněné bakalářské práce mimo jiné vyplývá, že za dané situace (tj. v období roku 2013) lze identifikovat nejméně dvě mezikrajské relace (konkrétně Praha – Plzeň a Praha – České Budějovice), na nichž by případné zkvalitnění nabídky dálkové železniční dopravy formou zavedení expresních spojů mohlo vést k reálnému zvýšení konkurenceschopnosti veřejné dopravy vůči dopravě individuální. Co však ze závěrů práce už bohužel není zřejmé, je odpověď na otázku, jež v této souvislosti jistě vyvstane v mysli řady čtenářů: *Jak moc (resp. o kolik či kolikrát) by se postavení železniční (potažmo veřejné) dopravy při realizaci daného konkrétního opatření mohlo zlepšit?*

O nalezení odpovědi, resp. vhodného způsobu jak takovou odpověď získat, se proto pokusím nyní, v rámci své diplomové práce. V prostředí současného světa, kladoucího velký důraz na snadno měřitelné a porovnatelné *kvantitativní* ukazatele, které jsou často využívány jako vodítko při rozhodování o nakládání s omezenými zdroji, se totiž právě schopnost odpovědět na výše uvedenou otázku podle mého názoru stává jedním z důležitých předpokladů kompetentního a ekonomicky odpovědného přístupu k budování a řízení systémů veřejné kolejové dopravy, který je nutnou (i když bohužel často nikoli postačující) podmínkou jejich dlouhodobé udržitelnosti a konkurenceschopnosti vůči alternativním dopravním systémům.

Vzhledem k tomu, že dalším důležitým motivem, jenž mě vedl k volbě tématu této práce, byla snaha o bližší pochopení principů a metod charakteristických pro dynamicky se rozvíjející disciplínu makroskopického dopravního modelování, zaměřím svou pozornost při řešení zadaného problému především právě tímto směrem. V následujících kapitolách se tak pokusím zkombinovat některé praktické postupy a závěry, k nimž jsem dospěl již v rámci tvorby a následné obhajoby své bakalářské práce, s poznatky, které jsem později načerpal

jednak během magisterského studia, jednak z vlastního studia odborné literatury zaměřené na problematiku modelování a plánování dopravy.

První kapitola bude věnována definování výchozí množiny územních celků, tj. aglomeračních oblastí ČR, která bude následně podrobena analýze *poptávky* po přepravě a kvantifikaci vzájemných přepravních proudů, zejména s využitím veřejně dostupných statistických dat.

Ve druhé kapitole pak bude provedena analýza úrovně *nabídky*, již se vyznačují jednotlivé dopravní subsystémy vhodné pro přepravu mezi aglomeračními oblastmi. V případě individuální automobilové dopravy bude pro všechny relevantní přepravní relace analyzována trasa a její parametry, zatímco v případě veřejné dopravy budou na základě analýzy jízdních řádů stanoveny parametry spojení na jednotlivých přepravních relacích, a to zvláště pro železniční a autobusovou dopravu.

V rámci třetí kapitoly se již detailně zaměřím na formulaci makroskopického dopravního modelu, jenž bude navazovat na analytické výstupy první a druhé kapitoly a prostřednictvím něhož bude možné získat konkrétní (i když značně zjednodušenou) představu o reálné situaci na poli dálkové dopravy v ČR. Současně bude rovněž navržen obecný postup pro vyhodnocení výstupů modelu z hlediska zkoumané problematiky konkurenceschopnosti dálkové železniční dopravy a kvantifikace jejich příležitostí.

Čtvrtá kapitola nabídne přehled konkrétních výsledků získaných s využitím dopravního modelu pro každou z relevantních přepravních relací a jejich následnou analýzu, zaměřenou především na zhodnocení stávajícího postavení dálkové veřejné dopravy.

V závěrečné, páté kapitole pak bude na příkladu několika vybraných relací provedeno detailnější vyhodnocení a kvantifikace příležitostí dálkové železniční dopravy pro modelový případ realizace konkrétního stavebně-technického či provozně-organizačního opatření.

1 Analýza přepravních vztahů mezi aglomeračními oblastmi v ČR

Doprava, již lze v obecné rovině charakterizovat jako „činnost spjatou s cílevědomým přemísťováním osob a hmotných předmětů v nejrůznějších objemových, časových a prostorových souvislostech za použití různých dopravních prostředků a technologií“ [2], představuje komplexní fenomén, který je neodmyslitelně spjat s existencí a fungováním moderní civilizace. Jeho složitost vyplývá mimo jiné zejména ze skutečnosti, že potřeba přemístění není potřebou základní, nýbrž vyvolanou (sekundární) - doprava nemůže existovat sama o sobě, je vždy odvozena od existence dalších činností a potřeb (ekonomických, sociálních, kulturních či jiných), jež mají být uspokojeny. Z tohoto důvodu lze proto jakýkoli dopravní systém chápat jako systém otevřený, jenž je silně provázán se svým okolím, které nejen sám výrazně ovlivňuje, ale jímž je také neustále ovlivňován a formován.

Je nezbytné si uvědomit, že pro běžného Evropana v dnešní době prakticky není představitelný život bez možnosti přímo či nepřímo využívat dopravu, což se pochopitelně odráží i ve významu, jenž toto odvětví má z pohledu společnosti, státu, a potažmo mezinárodního společenství. V souladu se zásadami a principy dopravní politiky Evropské unie lze základní společenský a ekonomický přínos dopravy vyjádřit konkrétně takto:

„Doprava je pro naši ekonomiku a společnost zásadní. Mobilita je důležitá pro vnitřní trh i životní úroveň občanů, jimž umožňuje využívat svobodu cestování. Doprava přispívá k hospodářskému růstu a vytváření pracovních příležitostí a s ohledem na nové problémy, jimž čelíme, musí být udržitelná. Doprava má globální ráz a v zájmu účinnosti je třeba spolupracovat na mezinárodní úrovni. Budoucí prosperita našeho kontinentu bude záviset na tom, zda všechny jeho regiony budou schopny zůstat plně a konkurenčně zapojeny do světové ekonomiky. Aby tomu tak bylo, je zapotřebí účinné dopravy.“ [3]

Doprava je stále více chápána jako služba, jejímž úkolem je umožnit uspokojení konkrétní potřeby (tj. realizaci přemístění), a to při současném splnění často protichůdných požadavků na kvalitu, udržitelnost a efektivitu přepravy. Mezi prvořadé úlohy dopravního plánování - ať již na úrovni mezinárodních společenství, států či jednotlivých poskytovatelů dopravních služeb - by proto (podobně jako v případě poskytovatelů jakékoli jiné služby či produktu) měla patřit analýza skutečných potřeb uživatelů, bez jejichž znalosti lze jen obtížně nabídnout odpovídající službu, tj. kvalitní, efektivně fungující a dlouhodobě udržitelný dopravní systém. V souvislosti s vlastní analýzou přepravních potřeb je pak nezbytné vnímat několik specifických rysů [4], které tuto již tak nelehkou úlohu činí ještě obtížnější:

- poptávka po přepravě není svébytnou potřebou, nýbrž je vyvolána v souvislosti s uspokojováním jiné (primární) potřeby

- k pochopení přepravní poptávky musíme znát především prostorové rozložení zájmů a aktivit, prostřednictvím nichž je primární potřeba uspokojována (např. zóny bydlení, zaměstnání, vzdělání, obchodu a služeb, rekreace)
- poptávka po přepravě má značně dynamický charakter a vyznačuje se vysokou variabilitou v prostoru i čase (v závislosti na denní době, dni v týdnu či roční době)

S vědomím teoretických i praktických problémů a omezení, které nevyhnutelně vyplývají z výše uvedených charakteristik přepravní poptávky, se ve zbytku této kapitoly pokusím o shromáždění dostupných relevantních dat popisujících přepravní proudy na území České republiky. V podkapitole 1.1 bude provedeno základní prostorové vymezení sledovaného území, na něž následně, v rámci podkapitoly 1.2, naváže vlastní analýza přepravní poptávky, jejíž výstupy budou použity při návrhu dopravního modelu v další fázi této práce.

1.1 Vymezení aglomeračních oblastí

Proces zkoumání poptávky po přepravě je, jak bylo uvedeno výše, úzce spjat s procesem poznávání a odkrývání vzájemného vztahu mezi územím a jeho obyvateli, přičemž míra analytické a výpočetní náročnosti této úlohy se odvíjí od zvolené rozlišovací úrovně, tj. zejména způsobu prostorového vymezení zkoumaného území. V zájmu dosažení rozumného kompromisu mezi požadovanou přesností výsledků a vynaloženými náklady (ať už jde o finanční zdroje, výpočetní čas nebo např. nároky na vstupní data) je nutné vhodně definovat více či méně podrobnou soustavu nejmenších (dále nedělitelných) jednotek území, představujících jasně prostorově vymezené soubory individuálních uživatelů dopravy, resp. jejich konkrétních přepravních potřeb.

Vzhledem k tematickému zaměření této práce na problematiku vnitrostátní dálkové dopravy, jsem se pro účely analýzy přepravní poptávky rozhodl zvolit relativně nižší úroveň podrobnosti a soustředit se pouze na ty přepravní vztahy v území, jež jednak reprezentují poptávku po přepravě na delší vzdálenosti, a zároveň mají strategický význam z pohledu České republiky jako celku. Samotné vymezení výchozí množiny relevantních oblastí jsem provedl zejména s pomocí následujících pramenů, zabývajících se analýzou sídelní struktury České republiky:

- Politika územního rozvoje ČR [5]
- Plán dopravní obsluhy území vlaky celostátní dopravy [6]
- soubor specializovaných map na webovém portálu Atlas obyvatelstva.cz spolu s analytickými texty na téma Populační vývoj v zázemí českých měst jako důsledek procesu suburbanizace [7], [8]
- studie Metropolitní regiony a významné aglomerace ve střední Evropě po roce 1990 [9]

- Studie sídelní struktury Moravskoslezského kraje [10]
- Plán dopravní obslužnosti Ústeckého kraje [11]

V první fázi bylo třeba stanovit podmínky a způsob zařazení určité části území do výsledné množiny vybraných oblastí, pro něž bude zpracována analýza přepravní poptávky a později též navržen makroskopický dopravní model. Na základě srovnání výstupů strategických dokumentů [5] a [6] jsem proto nejprve identifikoval 12 regionů celorepublikového významu, jejichž rychlé a kapacitní propojení by mělo být prioritním úkolem systémů vnitrostátní dálkové dopravy:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1) Pražský region | 7) Liberecký region |
| 2) Ostravský region | 8) Olomoucký region |
| 3) Brněnský region | 9) Zlínský region |
| 4) Hradecko-pardubický region | 10) Českobudějovický region |
| 5) Plzeňský region | 11) Jihlavský region |
| 6) Ústecký region | 12) Karlovarský region |

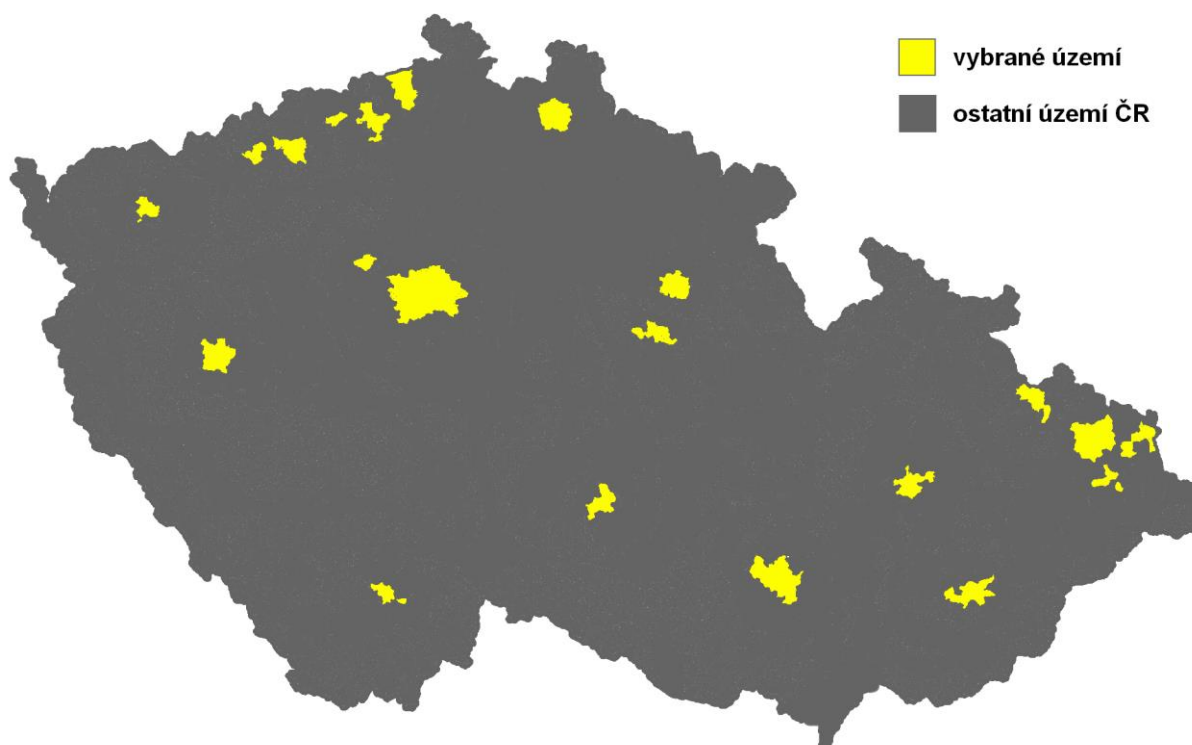
Pro účely jasného a transparentního provedení transformace výše uvedeného výčtu relativně vágně formulovaných územních celků do podoby přesně a jednoznačně vymezené množiny reprezentativních oblastí jsem pak definoval následující soubor kritérií, seřazený sestupně od nejdůležitějšího (A – C):

- A. **Kritérium významnosti** - část území zařazená do výsledné množiny vybraných oblastí musí být významnou součástí některého z výše uvedených prioritních regionů; zároveň je třeba dodržet jednotnou rozlišovací úroveň napříč celou množinou
- B. **Kritérium dostupnosti vhodných dat** – hranice vybrané oblasti by měly odpovídat hranicím konkrétního administrativního územního celku (případně prostorového spojení více takovýchto administrativních celků), pro jehož území již existují přímo použitelné, veřejně dostupné soubory geografických, demografických a dalších dat
- C. **Kritérium homogenity** - prostorové vymezení oblasti musí být provedeno tak, aby zůstala zachována co nejvyšší homogenita území s ohledem na jeho demografické, geografické či dopravní charakteristiky; v opačném případě může docházet ke snížení přesnosti některých výpočtů prováděných pro danou oblast jako celek (např. stanovení průměrné cestovní rychlosti uvnitř oblasti, jež bude předmětem druhé kapitoly této práce)

Je zřejmé, že zejména nalezení průniku mezi kritériem B a C může být často velice problematické, neboť administrativní členění území zpravidla odráží řadu různých hledisek (nejen geografická, ale též historická, politicko-správní apod.), a proto ne vždy respektuje

přirozené hranice geograficky a demograficky homogenních celků. Z tohoto důvodu jsem byl při volbě množiny oblastí nucen přistoupit na určitý kompromis a přijmout dodatečný předpoklad, že v zájmu splnění důležitějšího kritéria B lze kritérium homogenity území nahradit poněkud měkčí podmínkou zachování jednotného *charakteru prostředí* v rámci každé oblasti. K prověření této podmínky jsem využil typologii definovanou v [7], podle níž lze z hlediska charakteru osídlení rozlišit 3 základní typy prostředí - *město*, *suburbium* a *venkov*. Pomocí souvisejících online mapových podkladů [8] jsem nejprve provedl vizuální posouzení příslušnosti konkrétního administrativního územního celku k některému z výše uvedených typů prostředí, a následně jsem prostřednictvím srovnání s prameny [5], [6], [10] a [11] ověřil, zda daná část území splňuje rovněž podmínku významnosti, formulovanou v rámci nejdůležitějšího kritéria A.

Při aplikaci tohoto přístupu se jako nejvhodnější ukázalo zahrnout do výsledné množiny pouze takové území, jež svým charakterem odpovídá městskému typu prostředí a je prostorově vymezeno administrativními hranicemi jádrového či jiného dominantního města některého z 12 aglomeračních regionů uvedených výše. Grafické znázornění výsledné množiny oblastí nabízí obrázek 1.1, podrobný přehled všech 22 vybraných oblastí a jejich základních geografických a demografických charakteristik je pak předmětem tabulky 1.1.



Obrázek 1.1: Územní vymezení množiny vybraných oblastí (zdroj: vlastní zpracování na základě [8])

Tabulka 1.1: Podrobný přehled výsledné množiny vybraných oblastí (zdroj dat: [12], [13])

Nadřazený aglomerační region	Název oblasti	Administrativní celky tvořící území oblasti	Rozloha [km²]	Počet obyvatel dle SLDB 2011
<i>Pražský</i>	Praha	hlavní město Praha	496,13	1 268 796
	Kladno	město Kladno	36,97	68 103
<i>Ostravský</i>	Ostrava	město Ostrava	214,22	296 224
	Havířov	město Havířov	32,08	76 694
	Opava	město Opava	90,61	58 351
	Karviná	město Karviná	57,52	56 897
	Frýdek-Místek	město Frýdek-Místek	51,53	56 356
<i>Brněnský</i>	Brno	město Brno	230,20	385 913
<i>Hradecko-pardubický</i>	Hradec Králové	město Hradec Králové	105,69	94 314
	Pardubice	město Pardubice	82,66	90 767
<i>Plzeňský</i>	Plzeň	město Plzeň	137,67	170 322
<i>Ústecký</i>	Ústí nad Labem	město Ústí nad Labem	93,96	93 000
	Most	město Most	86,94	65 193
	Teplice	město Teplice	23,77	49 640
	Děčín	město Děčín	117,70	49 106
	Chomutov-Jirkov	město Chomutov, město Jirkov	46,38	67 789
<i>Liberecký</i>	Liberec	město Liberec	106,09	102 754
<i>Olomoucký</i>	Olomouc	město Olomouc	103,33	101 003
<i>Zlínský</i>	Zlín-Otrokovice	město Zlín, město Otrokovice	122,44	93 661
<i>Českobudějovický</i>	České Budějovice	město České Budějovice	55,60	93 715
<i>Jihlavský</i>	Jihlava	město Jihlava	87,86	50 075
<i>Karlovarský</i>	Karlovy Vary	město Karlovy Vary	59,09	48 639

S odkazem na výše uvedený přehled je na tomto místě vhodné uvést ještě několik vysvětlujících poznámek:

- část aglomeračních regionů je zastoupena pouze jednou oblastí tvořenou buď přímo územím jádrového města dané aglomerace (Brno, Plzeň, Olomouc, České Budějovice, Jihlava, Karlovy Vary, Hradec Králové, Pardubice), nebo dvojicí měst, jež jsou úzce demograficky i dopravně provázaná a společně tvoří přirozený jádrový sídelní celek příslušné spádové oblasti (Zlín-Otrokovice, Chomutov-Jirkov)

- u části regionů bylo naopak nutné respektovat jejich multicentrický charakter, a kromě formálního jádra do výběru zahrnout rovněž oblasti reprezentující další dominantní sídla: v případě ústecké konurbace jde o města Děčín, Teplice, Most a úzce provázaný sídelní celek měst Chomutova a Jirkova; v případě hustě zalidněné ostravské aglomerace se jedná o města Opava, Frýdek-Místek, Havířov a Karviná; v případě pražské aglomerace pak jde o město Kladno (ačkoli lze předpokládat, že jeho reálný význam v porovnání s Prahou coby jádrovým městem je relativně nízký až zanedbatelný)

1.2 Analýza přepravní poptávky

Základním předpokladem pro vytvoření jakéhokoliv věrohodného modelu – dopravní modely nevyjímaje – je schopnost jeho tvůrce odhalit a popsat zákonitosti, jimiž se řídí děje a procesy probíhající na zkoumané podmnožině reálného světa, která má být modelována. Z tohoto důvodu se nyní, tj. ještě před vlastním návrhem dopravního modelu, zaměřím na analýzu skutečných přepravních vztahů na vybrané části území České republiky, jejíž výstupy bude možné následně využít buď přímo při tvorbě dopravního modelu, nebo přinejmenším k vytvoření základní představy o tuzemské přepravní poptávce a pochopení vzájemných vazeb mezi nejvýznamnějšími sídelními celky.

Pro účely analýzy přepravních potřeb jsem vycházel z relevantních, veřejně dostupných dat popisujících strukturální, demografické, ekonomické, sociální a samozřejmě též dopravně-přepravní charakteristiky území a jeho obyvatel. Mezi hlavní použité datové zdroje patří konkrétně:

- Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011
- Veřejná databáze ČSÚ
- Celostátní sčítání dopravy 2010
- Ročenky dopravy ČR
- Výroční zprávy společnosti České Dráhy, a.s.

Z hlediska cílů této diplomové práce lze za nejhodnotnější zdroj považovat výstupy z posledního celostátního Sčítání lidu, domů a bytů, které se uskutečnilo v březnu 2011, a díky nimž lze (mimo jiné) získat rámcovou představu o konkrétních meziobecních dojíždkových prouděch v rámci ČR, a to s možností podrobnějšího rozlišení dle účelu cesty, věkové skupiny, odvětví ekonomické činnosti nebo dle času stráveného dojíždkou. Vzhledem k tomu, že údaje o přepravní poptávce získané v rámci posledního SLDB se týkají pouze dojíždky za zaměstnáním a do škol v roce 2011, v žádném případě se nejedná o aktuální, úplný a vyčerpávající popis všech relevantních přepravních proudů na území ČR. Nicméně s ohledem na skutečnost, že pro Českou republiku nejsou k dispozici jiná podobně

rozsáhlá a veřejně dostupná data, která by umožnila detailně analyzovat mobilitu obyvatelstva a přepravní poptávku ve všech jejích segmentech (například i včetně cest za nákupy, služebních cest, cest za rekreací apod.), rozhodl jsem se přizpůsobit další postup možnostem existujících dat o dojízdě dle SLDB 2011, a to i přes jejich uvedená omezení.

V zájmu zajištění souladu mezi daty SLDB 2011 a všemi dalšími vstupy se proto v rámci analýzy přepravní poptávky, jakož i v dalších fázích této práce budu snažit o dodržení následujících zásad:

- zachování jednotného vztažného časového rámce odpovídajícího poslednímu SLDB, tj. období roku 2011
- omezení rozsahu zkoumaného souboru uživatelů dopravy na cílovou skupinu tvořenou jednak osobami dojíždějícími do zaměstnání, jednak žáky a studenty dojíždějícími do škol

1.2.1 Základní charakteristiky oblastí

Kromě údajů o počtech obyvatel a výměře vybraného území, jež byly uvedeny již v rámci tabulky 1.1, existuje několik dalších měřitelných statistických ukazatelů, prostřednictvím nichž je možné porovnat potenciál jednotlivých oblastí z hlediska tvorby poptávky po přepravě, a případně též z hlediska způsobu uspokojení této poptávky. Jak ovšem vyplývá z dokumentu [14], řada z nich buď není v ČR aktuálně dostupná (např. údaje o rozdělení počtů obyvatel obcí dle výše příjmu, spolehlivé údaje o počtech pracovních míst či o počtech míst na vysokých školách), je k dispozici pouze v omezeném rozsahu, nebo ve formě souhrnných dat za územní celky řádově větší než jsou oblasti definované v rámci této diplomové práce (např. údaje o HDP, o počtech míst v základních a středních školách či o počtu obyvatel s řidičským oprávněním).

Zaměříme-li se tedy konkrétně na cílovou skupinu žáků, studentů a zaměstnaných osob vyjíždějících za prací či za vzděláním mimo území obce svého obvyklého pobytu, lze pro přímou charakteristiku zkoumaných oblastí využít následující ukazatele:

- celkové počty osob vyjíždějících denně mimo obec dle SLDB 2011 (bez ohledu na obec dojízděky – tj. včetně přepravních proudů směřujících do území, jež není součástí zkoumané množiny vybraných oblastí) [15]
- počet osobních automobilů registrovaných na území oblasti ke dni 1.1.2011 dle údajů dostupných v rámci Centrálního registru vozidel [16]

Přehled hodnot uvedených ukazatelů pro každou z 22 vybraných oblastí nabízí tabulka 1.2.

Tabulka 1.2: Vybrané charakteristiky oblastí (zdroj dat: [15], [16])

Oblast	Počet obyvatel (dle SLDB 2011)	Obyvatelé vyjíždějící denně mimo obec obvyklého pobytu (dle SLDB 2011)		Počet registrovaných osobních automobilů (k 1.1.2011)
		Zaměstnaní (bez pracujících studentů a učňů)	Žáci a studenti (včetně pracujících)	
Praha	1 268 796	17 621	2 389	635 596
Kladno	68 103	6 889	1 042	24 796
Ostrava	296 224	6 419	1 693	86 806
Havířov	76 694	10 200	1 684	23 869
Opava	58 351	2 444	672	17 258
Karviná	56 897	3 816	932	16 327
Frýdek-Místek	56 356	5 369	873	17 932
Brno	385 913	8 340	868	114 810
Hradec Králové	94 314	2 979	818	33 469
Pardubice	90 767	4 098	1 060	31 966
Plzeň	170 322	4 684	590	62 393
Ústí nad Labem	93 000	3 143	630	29 214
Most	65 193	3 662	712	21 778
Teplice	49 640	3 444	717	17 587
Děčín	49 106	1 701	511	16 909
Chomutov-Jirkov	67 789	5 002	1 320	24 058
Liberec	102 754	3 303	636	33 818
Olomouc	101 003	4 214	828	29 201
Zlín-Otrokovice	93 661	5 416	1 161	28 612
České Budějovice	93 715	2 772	588	37 237
Jihlava	50 075	1 203	276	17 030
Karlovy Vary	48 639	1 669	547	16 745

Znalost specifických demografických či socioekonomických podmínek v jednotlivých oblastech může do určité míry přispět k pochopení významu a důležitosti, jež každá konkrétní oblast má z pohledu celého přepravního trhu v ČR. Prostřednictvím kvantifikace potřeb generovaných na určitém území a potřeb uspokojených na tomto území lze pak - například pomocí vhodného dopravního modelu - odhadnout intenzitu přepravních proudů, jež v dané oblasti vznikají (tzv. zdrojové přepravní proudy) nebo v ní naopak končí (tzv. cílové přepravní proudy).

Přestože uvedené množiny přepravních proudů nemusí (a obvykle nemají) charakter vzájemně disjunktních množin - tj. mohou existovat přepravní proudy vznikající a současně

končí v téže oblasti - rozhodl jsem se v dalších fázích této práce aplikovat čistě makroskopické pojetí zkoumaného území, při němž si dovolím zjednodušit řešený problém a nezahrnout tyto tzv. vnitřní přepravní proudy do vlastní analýzy přepravních vztahů, ani do následného návrhu dopravního modelu.

1.2.2 Mezioblastní dojížděkové proudy dle SLDB 2011

Zcela rozhodující význam pro pochopení přepravních vztahů v rámci sledované množiny vybraného území mají data o vyjíždě do zaměstnání a do škol dle SLDB 2011, publikovaná Českým statistickým úřadem ve formě souhrnných tabulkových přehledů za jednotlivé okresy (prameny [17] až [29]). Na jejich základě jsem totiž mohl ověřit existenci přepravní poptávky, a případně určit konkrétní intenzitu přepravního proudu mezi každými dvěma oblastmi k datu realizace průzkumu a v rámci dané cílové skupiny uživatelů dopravy, tj. zaměstnaných osob, žáků a studentů vyjíždějících do zaměstnání či do škol.

Výsledné přepravní proudy jsem se rozhodl znázornit formou matice o rozměru 22 x 22, jejichž 484 prvků odpovídá počtu všech párů typu zdroj-cíl, jež lze sestavit z dané množiny 22 vybraných oblastí. Po vyloučení vnitřních přepravních proudů, jež jsou v rámci matice reprezentovány prvky na hlavní diagonále, bylo nutné uvažovat celkem 462 relevantních prvků a jim následně přiřadit příslušné hodnoty intenzity přepravního proudu, jež v tomto případě odpovídají počtu vyjíždějících osob za bližší nespecifikované časové období. Při jejich určování jsem vycházel z výše definovaného územního vymezení jednotlivých oblastí, přičemž u relací, jejichž zdrojem nebo cílem je oblast tvořená dvěma administrativními celky (Zlín-Otrokovice, Chomutov-Jirkov), se výsledná intenzita přepravního proudu rovná součtu intenzit příslušných dílčích přepravních proudů.

Vlastní výstup, jenž je z prostorových důvodů uveden samostatně v příloze A, tvoří konkrétně tři matice přepravních vztahů. První matice (tabulka A1) zachycuje celkové počty osob vyjíždějících do zaměstnání, druhá matice (tabulka A2) počty žáků a studentů vyjíždějících do školy a v rámci třetí matice (tabulka A3), jež byla získána prostým součtem předchozích dvou matic, jsou uvedeny celkové počty všech vyjíždějících osob bez ohledu na účel cesty. Ve všech případech jsou pro větší přehlednost zobrazeny pouze nenulové prvky.

Po provedení základní analýzy získaných matic je vhodné uvést několik konkrétních poznatků důležitých z hlediska pochopení makroskopických přepravních vztahů a vazeb:

- mezi oblastmi s vysokou atraktivitou pro dojíždějící jasně dominují Praha a Brno
- v případě multicentrických aglomeračních regionů (ostravský, ústecký, hradecko-pardubický, částečně též pražský) je nejvyšší intenzita přepravních proudů dosahována právě mezi oblastmi ležícími uvnitř jednoho společného regionu

- v případě některých relací je patrná výrazná převaha dojížděky za zaměstnáním nad dojížděkou do školy, zatímco u řady jiných relací lze pozorovat zcela opačný poměr (příkladem je většina přepravních proudů směřujících do oblastí reprezentujících významná univerzitní města jako jsou Brno, Olomouc či Plzeň)
- na základě stanovení počtu prázdných prvků u každé ze tří matic přepravních vztahů lze vyslovit závěr, že pro vybranou množinu oblastí byla v rámci SLDB 2011 prokázána nenulová přepravní poptávka na 225 až 227 relacích z celkového počtu 462 relevantních přepravních relací, tj. přibližně v 49% případů

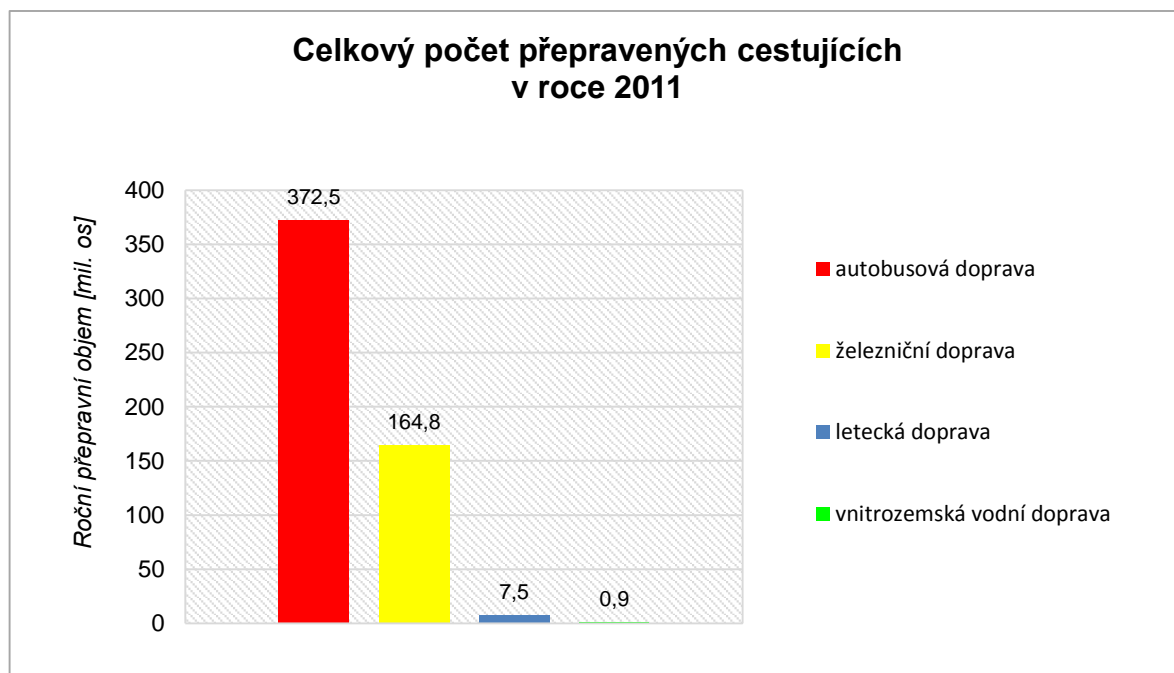
1.2.3 Přepravní poptávka v rámci jednotlivých oborů dopravy

Matice přepravních vztahů sestavené s využitím datových výstupů SLDB 2011 představují velice cenný zdroj informací o tom, *jak velká* je poptávka po přepravě mezi zkoumanými oblastmi, nicméně již nám nejsou schopny poskytnout spolehlivou odpověď na otázku *jakým způsobem* je daná přepravní poptávka realizována. Pomineme-li nyní časový aspekt realizace poptávky po přepravě (tj. odpověď na otázku *kdy*), jemuž se budu věnovat až při samotném návrhu modelu přepravní poptávky v rámci třetí kapitoly, je třeba zabývat se konkrétně aspektem dopravně-technologickým, tj. zjistit *čím*, a případně *kudy* se daní obyvatelé či skupiny obyvatel přepravují.

V tomto ohledu lze obecně vycházet z několika kategorií domácích datových zdrojů. V případě individuální automobilové dopravy jde zejména o data o intenzitách provozu na pozemních komunikacích získaná v rámci Celostátních sčítání dopravy (poslední sčítání se uskutečnilo v roce 2010), případně v rámci dalších lokálních průzkumů, na jejichž základě lze odhadnout denní intenzity provozu vybraných typů vozidel na konkrétních úsecích vybrané sítě pozemních komunikací. Použitelnost takovýchto datových zdrojů pro účely této diplomové práce je však značně limitována, a to především z následujících důvodů:

- naměřené hodnoty intenzity provozu vyjadřují počet vozidel projíždějících konkrétním úsekem za jednotku času, a není tedy možné přímo a jednoznačně vyjádřit intenzity přepravního proudu v počtech osob za časovou jednotku
- sčítání má charakter profilového, nikoli směrového průzkumu, a tudíž nelze stanovit podíl intenzity provozu v konkrétní přepravní relaci
- průzkum zahrnuje velice rozsáhlou síť pozemních komunikací a naměřená intenzita provozu odráží mnohem širší kontext, než pouhé vzájemné přepravní vztahy v rámci uzavřené množiny 22 vybraných oblastí – aby tedy bylo možné určit relevantní přepravní proudy IAD, bylo by nejprve zapotřebí komplexně analyzovat veškeré relevantní přepravní vztahy na celém území České republiky a jejího blízkého okolí

V případě veřejné osobní dopravy je situace výrazně problematictější, neboť získání spolehlivých a dostatečně podrobných veřejných dat o přepravní poptávce za jednotlivé dopravní módy je v České republice prakticky nemožné. Zaměříme-li se konkrétně na autobusovou a železniční dopravu, jež v rámci dálkové vnitrostátní přepravy osob mají naprosto dominantní postavení (viz mezioborové srovnání přepravních objemů na obrázku 1.2), lze vcelku snadno identifikovat hlavní příčiny tohoto neuspokojivého stavu.



Obrázek 1.2: Mezioborové srovnání přepravních objemů ve veřejné osobní dopravě (zdroj dat: [30])

V případě železniční osobní dopravy jsou sice ze strany dominantního dopravce, tj. společnosti České dráhy, a.s., systematicky prováděny rozsáhlé přepravní průzkumy, nicméně jejich výsledky mají charakter obchodního tajemství, a jako takové proto nejsou přímo zveřejňovány ani samotným dopravcem, ani Ministerstvem dopravy ČR coby objednatelem spojů v rámci dálkové železniční dopravy [31]. Podobná situace existuje rovněž v odvětví autobusové dopravy, kde je navíc problematictější získávání citlivých přepravních dat ještě umocněna skutečností, že v jednotlivých relacích často působí vyšší počet vzájemně si konkurujících dopravců, než je tomu v případě trhu dálkové železniční osobní dopravy, který byl až do roku 2011 fakticky ovládnut jediným dopravcem.

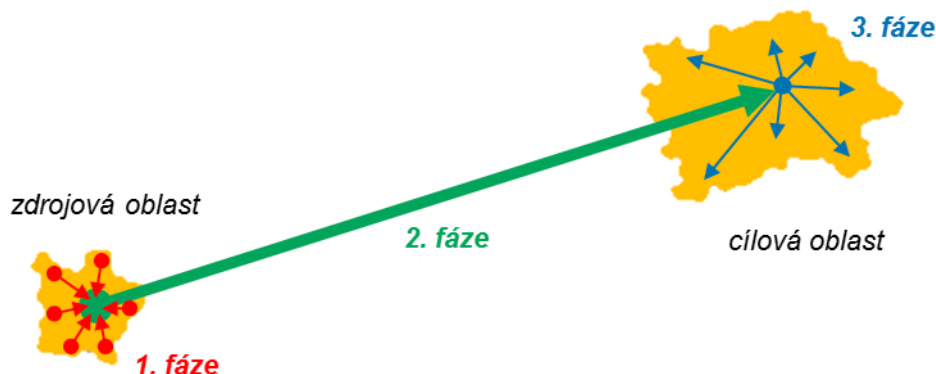
Vzhledem k nedostupnosti veřejných zdrojů dat, na jejichž základě by bylo možné analyzovat vztah individuální a veřejné dopravy (případně jejich jednotlivých oborů navzájem) na konkrétních přepravních relacích, se proto v následujících kapitolách pokusím o formulaci alternativního způsobu řešení, jenž bude založen na konstrukci makroskopického dopravního modelu.

2 Analýza rychlosti spojení aglomeračních oblastí veřejnou a individuální dopravou

V návaznosti na podkapitolu 1.1 této práce, v níž jsem definoval množinu 22 vybraných oblastí, se nyní pokusím o provedení analýzy parametrů tří základních variant dopravního spojení, jež lze k přepravě mezi jednotlivými oblastmi využít - spojení individuální automobilovou dopravou, spojení veřejnou linkovou dopravou a spojení železniční dopravou.

Mezi konkrétní sledované parametry dopravního spojení jsem se po důkladné úvaze rozhodl zařadit pouze ty, jež mají přímou souvislost s některou ze tří základních fyzikálních veličin: časem, vzdáleností nebo rychlostí¹. Při jejich analýze pak budu vycházet z předpokladu, že proces přemístění mezi dvěma oblastmi lze zjednodušeně vyjádřit jako kombinaci těchto tří vzájemně navazujících fází (viz též schéma na obrázku 2.1):

1. přemístění z výchozího bodu cesty (např. bydliště) do významného dopravního uzlu dané oblasti (hlavní železniční stanice, terminál veřejné linkové dopravy, křižovatka pozemní komunikace vyššího významu apod.)
2. přemístění mezi významnými dopravními uzly výchozí a cílové oblasti
3. přemístění z významného uzlu cílové oblasti do cílového bodu cesty



Obrázek 2.1: Fáze přemístění v rámci mezioblastního přepravního proudu (zdroj: vlastní zpracování)

Je zřejmé, že k uspokojivému popisu parametrů dopravního spojení mezi dvěma oblastmi bude zapotřebí analyzovat všechny tři fáze přemístění, a to takovým způsobem, který odpovídá specifickému charakteru každé z nich. Ve zbytku této kapitoly se tedy zaměřím nejprve na problematiku přemístění 1. a 3. fáze, jež se realizuje uvnitř jednotlivých oblastí

¹ Komplexní analýza, na níž v rámci této diplomové práce bohužel není dostatek prostoru, by nicméně vyžadovala zahrnutí řady dalších významných faktorů ovlivňujících uživatele při jejich volbě dopravního módu. Dle knihy [4] je přitom třeba brát v úvahu jak *kvantitativní faktory* (např. výše jízdného či mýtného, náklady na pohonné hmoty, poplatky za parkování), tak obtížně měřitelné *faktory kvalitativní* (pohodlí, bezpečí, možnost vykonávat další aktivity během vlastní cesty apod.).

(podkapitola 2.1), a poté na analýzu parametrů dopravního spojení odpovídajícího 2. fázi přemístění, a to zvlášť pro individuální, a zvlášť pro veřejnou dopravu (podkapitoly 2.2 a 2.3). Vlastní postup ve vztahu k jednotlivým oborům dopravy lze pak formulovat následovně:

- v případě analýzy parametrů přemístění uvnitř oblastí nejprve pro každý z dopravních módů určím polohu tzv. přístupových vrcholů dopravní sítě a následně provedu odhad průměrné cestovní doby pro cestu daným dopravním módem z libovolného místa oblasti do příslušného přístupového vrcholu (a naopak)
- v případě mezioblastního spojení IAD se budu soustředit na volbu nejvhodnější trasy mezi přístupovými vrcholy oblastí a popis hlavních parametrů použité silniční infrastruktury, tj. délky trasy, rychlostního a výškového profilu
- v případě mezioblastního spojení železniční a veřejnou linkovou dopravou provedu analýzu jízdního řádu linek dálkové dopravy a vybraných regionálních linek, na jejímž základě stanovím parametry charakterizující konkrétní nabízenou úroveň služeb (jízdní doby a časové polohy jednotlivých vlakových a autobusových spojů)

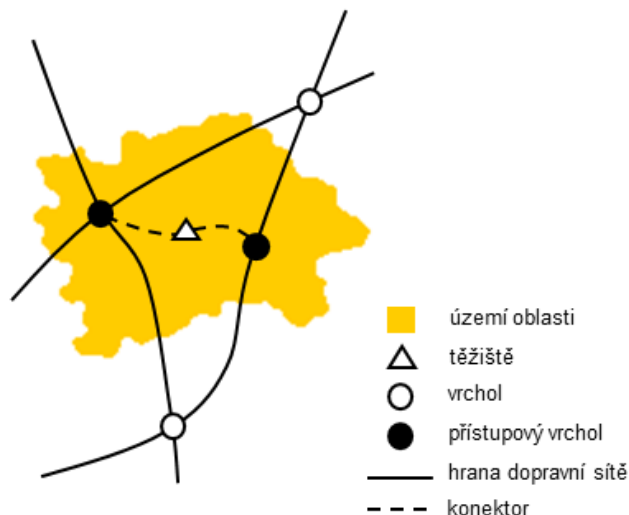
Na základě získaných parametrů spojení bude následně možné sestavit matematický model zjednodušené dopravní sítě reprezentující fyzické propojení všech 22 vybraných oblastí. Vzhledem k relativně vysokému počtu prvků sítě a jejich vzájemných vazeb jsem se rozhodl ke konstrukci modelu využít specializovaný software pro makroskopické dopravní modelování PTV VISUM².

2.1 Parametry přemístění uvnitř oblastí

V rámci modelování dopravní sítě je v zájmu zajištění praktické řešitelnosti souvisejících matematických úloh obvykle nezbytné přijmout více či méně zjednodušený způsob reprezentace reálného území. Běžnou praxí je v tomto případě vytvoření ekvivalentního orientovaného grafu [4], tj. soustavy vrcholů, jež představují bodové prvky dopravní sítě (stanice a zastávky veřejné dopravy, křižovatky apod.), a orientovaných hran, jež mohou reprezentovat jak konkrétní, fyzicky existující liniové prvky (silnice, řeky, železniční tratě apod.), tak i obecnější časoprostorové vazby mezi vrcholy. Území oblastí, jež z pohledu reálného světa představuje unikátní trojrozměrný útvar, je pak během tvorby orientovaného grafu nahrazeno jediným bodem označovaným jako těžiště. Tento bod je prostřednictvím speciálních hran (tzv. konektorů) propojen s konkrétními vrcholy dopravní sítě (tzv. přístupovými vrcholy, viz schéma na obrázku 2.2), čímž je matematicky vyjádřena

² Licence na plnou verzi PTV Visum 14.00 mi byla poskytnuta společností PTV AG v rámci programu podpory studentů - *PTV Visum Vollversion für wissenschaftliche Arbeiten* [40] a vztahuje se pouze na nekomerční využití softwaru při tvorbě této diplomové práce.

skutečnost, že tyto vrcholy grafu, jež zpravidla reprezentují významné uzly dopravní sítě, náleží právě k území dané oblasti. Z hlediska modelování přepravní poptávky lze pak těžiště definovat jako hmotný bod, do nějž jsou soustředěny veškeré charakteristiky, potřeby a aktivity příslušné oblasti.



Obrázek 2.2: Příklad grafické reprezentace napojení oblasti na dopravní síť
(zdroj: vlastní zpracování na základě [4])

Pro účely pozdější konstrukce modelu je nyní třeba určit parametry rozhodující z hlediska matematické reprezentace každé z 22 vybraných oblastí a jejího napojení na dopravní síť individuální automobilové a veřejné dálkové dopravy. Vzhledem k tomu, že volba polohy samotného těžiště oblasti nemá z pohledu použitého softwaru PTV VISUM bezprostřední vliv na funkčnost modelu, není podle mého názoru nutné explicitně se zabývat otázkou umístění tohoto bodu. Co je však naopak zcela zásadní, je definice množiny přístupových vrcholů dopravní sítě, jež budou prostřednictvím konektorů napojeny na těžiště dané oblasti, a jejichž volba může do značné míry ovlivnit též chování a výstupy navazujícího modelu přepravní poptávky.

2.1.1 Určení přístupových vrcholů oblastí

Vymezení přístupových vrcholů jsem provedl zvlášť pro každý ze tří uvažovaných oborů dopravy, přičemž u většiny oblastí byla definována tříčlenná množina přístupových vrcholů (tj. jeden vrchol pro přístup na železniční síť, jeden vrchol pro přístup na síť pozemních komunikací využívaných veřejnou linkovou dopravou a jeden vrchol pro přístup na síť pozemních komunikací využívaných individuální automobilovou dopravou). U některých oblastí (Ústí nad Labem, Ostrava, Zlín-Otrokovice) bylo nicméně nutné respektovat místní specifické podmínky z hlediska polohy významných železničních uzlů, a v těchto případech

proto výběr obsahuje větší počet vrcholů. Výsledný přehled všech zvolených přístupových vrcholů je uveden v tabulce 2.1.

Tabulka 2.1: Přehled nadefinovaných přístupových vrcholů oblastí

Oblast	Přístupové vrcholy IAD	Přístupové vrcholy železniční dopravy	Přístupové vrcholy veřejné linkové dopravy
Praha	křiž. Žitná x Legerova x Ječná	žst. Praha hl.n. / Mas.n.	ÚAN Florenc
Kladno	křiž. Kročehlavská x Unhošťská	žst. Kladno	AN Kladno
Ostrava	křiž. Plzeňská x 28. října	žst. Ostrava hl.n. žst. Ostrava-Svinov	ÚAN Ostrava
Havířov	křiž. Dělnická x Hlavní tř.	žst. Havířov	AN Havířov, Podlesí
Opava	křiž. Nádražní okruh x Janská	žst. Opava východ	z. Opava, Východní nádr.
Karviná	křiž. Rudé Armády x tř. 17. list.	žst. Karviná hl.n.	AN Karviná, Fryštát
Frydek-Místek	křiž. Hlavní tř. x T. G. Masaryka	žst. Frydek-Místek	AN Frydek-Místek
Brno	křiž. Úzká x Dornych	žst. Brno hl.n.	ÚAN Zvonařka
Hradec Králové	křiž. Střelecká x Gočárova tř.	žst. Hradec Králové hl.n.	Hr. Králové, Terminál HD
Pardubice	křiž. Hlaváčova x Palackého tř.	žst. Pardubice hl.n.	AN Pardubice
Plzeň	křiž. Přemyslova x sady Pětatř.	žst. Plzeň hl.n.	CAN Plzeň
Ústí nad Labem	křiž. Přístavní x Předmostí	žst. Ústí n. L. hl.n. žst. Ústí n. L. západ	z. Ústí n. L., Divadlo
Most	křiž. J.Průchy x tř. Budovatelů	žst. Most	AN Most
Teplice	křiž. Hřbitovní x I/8	žst. Teplice v Čechách	AN Teplice
Děčín	křiž. Litoměřická x I/13	žst. Děčín hl.n.	AN Děčín
Chomutov-Jirkov	křiž. Lipská x I/13	žst. Chomutov město	AN Chomutov
Liberec	křiž. Jungmannova x I/35	žst. Liberec	AN Liberec
Olomouc	křiž. 17. list. x tř. Kosmonautů	žst. Olomouc hl.n.	AN Olomouc
Zlín-Otrokovice	křiž. Masarykova x tř. 3. května	žst. Zlín střed žst. Otrokovice	AN Zlín
České Budějovice	křiž. Nádražní x Rudolfovská tř.	žst. České Budějovice	AN České Budějovice
Jihlava	křiž. Žižkova x Hradební	žst. Jihlava hl.n.	AN Jihlava
Karlovy Vary	křiž. Sokolovská x Pobřežní	žst. Karlovy Vary	Karlovy Vary, Terminál

V případě veřejné dopravy jsem při volbě přístupových vrcholů vycházel především z polohy autobusových terminálů a železničních stanic reálně obsluhovaných linkami a spoji

dálkové dopravy, a rovněž z relativní významnosti těchto dopravních uzlů pro příslušnou oblast. V případě IAD pak poloha přístupového vrcholu odpovídá poloze křižovatky nacházející se na významné pozemní komunikaci (zpravidla průtahu dálnice, rychlostní silnice či silnice I. třídy) a zároveň ležící co nejbližší přirozeného centra příslušné oblasti. Přestože z geografického hlediska by bylo pravděpodobně vhodnější definovat polohu přístupových vrcholů pomocí souřadnic geometrického středu ploch příslušných reálných dopravních prvků (stanic, terminálů, křižovatek), pro větší názornost jsem se v rámci tvorby výše uvedeného tabulkového přehledu rozhodl pro slovní pojmenování vrcholů, odpovídající běžně používanému označení příslušného dopravního prvku, resp. jeho zkratce (např. „žst. Brno hl.n.“, „CAN Plzeň“, „křiž. Přístavní x Předmostí“ apod.).

2.1.2 Stanovení časové dostupnosti přístupových vrcholů

Aby bylo možné realizovat napojení modelovaných oblastí na dopravní síť, bylo pro každý přístupový vrchol zapotřebí určit konkrétní hodnotu vyjadřující časovou dostupnost vrcholu vzhledem k celému území příslušné oblasti. S ohledem na způsob konstrukce modelu v prostředí softwaru PTV VISUM jsem jako cílovou veličinu zvolil průměrnou cestovní dobu při cestě mezi libovolným místem oblasti a jejím přístupovým vrcholem. Získané hodnoty mají charakter konstant a lze je tak přímo přiřadit ke konkrétním konektorům, tj. hranám modelu dopravní sítě spojujícím příslušné přístupové vrcholy s těžišti oblastí.

Vlastní výpočet průměrných cestovních dob uvnitř oblastí jsem provedl v souladu s postupem použitým již v rámci mé bakalářské práce [1], jenž je založen na následujících předpokladech:

- obyvatelstvo oblasti není soustředěno přímo do přístupového vrcholu či jeho blízkého okolí, nýbrž osídlení více či méně rovnoměrně pokrývá celou plochu dané oblasti; zjednodušeně lze předpokládat homogenní hustotu zalidnění napříč územím oblasti
- nepravidelný tvar území oblasti lze pro zjednodušení jeho matematického popisu nahradit pravidelným rovinným útvarem – kruhovou plochou o poloměru R , jejíž plošný obsah S je roven skutečné výměře území oblasti (viz tabulka 1.1) a jejíž střed leží v konkrétním přístupovém vrcholu (pro každou oblast lze tedy definovat několik teoretických kruhových ploch, které se vzájemně liší pouze polohou středu)
- při zanedbání reálných prostorových omezení lze předpokládat, že území oblasti představuje spojitou plochu, přičemž délka cesty z libovolného bodu kruhové plochy do jejího středu (a naopak) je rovna euklidovské vzdálenosti těchto dvou bodů

Díky přijatým zjednodušujícím předpokladům bylo možné odvodit analytický vztah pro odhad průměrné délky cesty $L_{prům}$ při přemístění mezi libovolným bodem oblasti a příslušným přístupovým vrcholem:

$$L_{prům} = \frac{L}{S} ,$$

kde veličina L představuje souhrn délek cest ze všech bodů kruhové plochy do jejího středu. Její hodnoty byly získány jako řešení určitého integrálu dle vztahu:

$$L = \int_0^R (2\pi r \cdot r) dr = 2\pi \int_0^R (r^2) dr = \frac{2}{3} \pi [r^3]_0^R = \frac{2}{3} \pi R^3 ,$$

přičemž velikost poloměru R kruhové plochy lze stanovit na základě dosažení známé hodnoty výměry území S do upraveného elementárního vztahu pro plošný obsah kruhu:

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

Požadovaná výsledná veličina – průměrná cestovní doba $t_{prům}$ při přemístění mezi libovolným bodem oblasti a daným přístupovým vrcholem – má přímou vazbu na průměrnou délku cesty $L_{prům}$, přičemž pro popis jejich vzájemného vztahu lze použít elementární fyzikální vztah mezi dráhou, rychlostí a časem:

$$t_{prům} = \frac{L_{prům}}{v_{prům}}$$

K výpočtu průměrné cestovní doby je tedy nezbytné určit u každého z přístupových vrcholů rovněž hodnotu průměrné cestovní rychlosti $v_{prům}$ pro cesty mezi libovolným bodem a daným přístupovým vrcholem (středem kruhové plochy). Za tímto účelem jsem nejprve definoval dva možné způsoby, jimiž se přemístění uvnitř oblastí realizuje:

- A. přemístění uvnitř oblastí se realizuje prostřednictvím IAD v případě cest přes přístupové vrcholy IAD
- B. přemístění realizuje prostřednictvím kombinace pěší a veřejné dopravy (zejména MHD a regionální železniční či autobusové dopravy) v případě cest přes přístupové vrcholy veřejné dopravy

Následně jsem pro každý z přístupových vrcholů provedl zjednodušený odhad hodnoty průměrné cestovní rychlosti, jež odpovídá aritmetickému průměru z několika dílčích změřených hodnot cestovní rychlosti při cestách z různých míst dané oblasti do přístupového vrcholu. Vlastní měření cestovních rychlostí jsem realizoval prostřednictvím dvou různých nástrojů – v případě cest do přístupových vrcholů IAD (způsob A) jsem využil online plánovač tras, jenž je součástí mapového portálu Mapy.cz [32], zatímco v případě cest do přístupových vrcholů železniční a veřejné linkové dopravy (způsob B) jsem vycházel z dat veřejného internetového jízdního řádu IDOS [33]. Společným cílem pro oba způsoby měření bylo nalezení parametrů nejrychlejších spojení z většího počtu různých míst dané oblasti pro různé denní doby v rámci běžného pracovního dne a následné stanovení jediné, průměrné hodnoty cestovní rychlosti při cestě do přístupového vrcholu³.

Vzhledem k relativně nízkému počtu měření⁴, a tedy relativně značné nepřesnosti výsledných hodnot průměrných rychlostí, jsem se pro účely dalšího výpočtu rozhodl snížit variabilitu výsledků a seskupit vzájemně podobné hodnoty prostřednictvím jejich zaokrouhlení na nejbližší násobky 5 km/h. Pomocí takto upravených hodnot průměrných cestovních rychlostí jsem pak pro každý přístupový vrchol vypočítal požadované hodnoty průměrné cestovní doby při cestě uvnitř oblasti. Přehled všech výsledných hodnot $t_{prům}$ je spolu s hodnotami ostatních veličin (R , $L_{prům}$, $v_{prům}$) uveden v rámci přílohy B.

2.2 Parametry spojení oblastí individuální dopravou

Jak vyplývá ze schématu na obrázku 2.1, charakter druhé fáze přemístění v rámci přepravního proudu mezi dvěma oblastmi se zásadně liší od charakteru přemístění, jež se realizuje uvnitř oblasti. Počáteční a koncová fáze přemístění se z mikroskopického hlediska vyznačují vysokou mírou nahodilosti při volbě trasy, jež je způsobena prostorovou variabilitou individuálních potřeb a možností uživatelů dopravy, tj. v našem případě konkrétně existencí vysokého počtu různých potenciálních výchozích a cílových bodů cesty a relativně vysokou hustotou sítě pozemních komunikací a sítě linek MHD v každé oblasti. Naproti tomu při přemístění mezi dvěma vzdálenými oblastmi lze reálně předpokládat, že uživatelé dopravy náležející do stejného mezioblastního přepravního proudu (tj. cestující mezi týmiž dvěma oblastmi) volí v zásadě podobné trasy, odpovídající jejich požadavku na nejkratší či nejrychlejší spojení, a naprostá většina přemístění se proto realizuje společně po těch

³ Pro zjednodušení postupu byl navíc přijat předpoklad totožnosti průměrné cestovní rychlosti při cestě opačným směrem, tj. z přístupového vrcholu do libovolného bodu oblasti.

⁴ V závislosti na velikosti oblasti jsem pro každý přístupový vrchol provedl řádově jednotky až desítky měření, vzhledem k rozloze a zalidnění oblastí by však pro dosažení uspokojivé přesnosti bylo zřejmě zapotřebí provést minimálně stovky až tisíce měření.

trasách (v závislosti na kvalitě infrastruktury v dané relaci může jít o jednu trasu či několik alternativních tras), jež nabízejí nejvyšší možnou kapacitu, rychlost či komfort přepravy.

S ohledem na cíle této diplomové práce a zvolenou rozlišovací úroveň považuji za dostačující, pokud se v rámci analýzy spojení individuální automobilovou dopravou omezím na zjednodušené, makroskopické pojetí dopravní sítě, vycházející z výše uvedeného předpokladu koncentrace mezioblastních přepravních proudů do jedné, případně několika málo společných tras. Konkrétním kritériem, jímž jsem se při zařazování tras do vlastního modelu sítě pozemních komunikací řídil, byla výhradně rychlost spojení mezi přístupovými vrcholy oblastí dle plánovače tras Mapy.cz [32]. Způsob reprezentace reálných pozemních komunikací, ležících na takto určených nejrychlejších trasách, odpovídá matematickému pojetí modelu dopravní sítě, tj. komunikace jsou v prostředí softwaru PTV VISUM definovány prostřednictvím vrcholů a orientovaných hran, jejichž ohodnocení vyjadřuje základní charakteristiky příslušných úseků. Vzhledem k tomu, že pro potřeby makroskopického modelu není zpravidla nutné zohledňovat detailní charakteristiky každé jednotlivé komunikace (např. přesný rychlostní a výškový profil, skutečnou šířku komunikace), definoval jsem pouze několik základních typů hran, jež svými vlastnostmi (ohodnocením) rámcově odpovídají charakteru modelovaných úseků pozemních komunikací. Pro každý typ hrany pak bylo třeba stanovit velikost rychlosti v_0 odpovídající teoretické hodnotě rychlosti vozidel na nezátížené dopravní síti. Přehled nadefinovaných typů hran sítě pozemních komunikací a jejich parametrů je uveden v tabulce 2.2 (použité zkratky: D - dálnice, R - rychlostní komunikace, S I / S II / S III - silnice I. / II. / III. třídy, MK - místní komunikace).

Tabulka 2.2: Typy hran v modelu sítě pozemních komunikací

Označení typu hrany	Rychlost vozidel na nezátížené síti v_0 [km/h]
D+R rovinný terén	120
D+R horský terén	100
D+R rampa	70
D+R obec	80
S I rovinný terén	80
S I horský terén	70
S I obec	50
S II rovinný terén	70
S II horský terén	60
S II obec	45
S III	70
S III obec	40
MK typ 1	60
MK typ 2	50
MK typ 3	40
MK typ 4	30

Přestože software PTV VISUM umožňuje definovat rovněž kapacitu každého úseku, při jejímž překročení dochází ke snížení rychlosti provozu, rozhodl jsem se v rámci svého modelu zanedbat obtížně analyzovatelný vliv dopravních kongescí, a pro účely definice dopravní sítě IAD uvažovat ideální dopravní podmínky odpovídající nejrychlejšímu možnému spojení v každé relaci s ohledem pouze na parametry nezátížené dopravní sítě. Stanovení hodnot rychlostí v_0 pro jednotlivé typy hran bylo provedeno zjednodušeně na základě vlastního odhadu a s přihlédnutím k zákonem stanoveným hodnotám nejvyšší povolené rychlosti na pozemních komunikacích v ČR [34].

2.3 Parametry spojení oblastí veřejnou dopravou

Postup analýzy spojení oblastí veřejnou dopravou se výrazně liší od postupu, jenž byl realizován v rámci analýzy spojení individuální dopravou, a rovněž způsob konstrukce modelu sítě veřejné dopravy je odlišný. Zatímco z hlediska IAD byl hlavní důraz kladen na co nejpřesnější reprezentaci reálné fyzické sítě (infrastruktury) pozemních komunikací, z hlediska veřejné linkové a železniční dopravy je možné soustředit se takřka výhradně na analýzu nabídky vyjádřené jednoznačně definovaným jízdním řádem. Vzhledem k tomu, že pro spojení veřejnou linkovou dopravou lze využít síť pozemních komunikací definovanou již v rámci podkapitoly 2.2, bylo tedy k dokončení modelu dopravní sítě nutné doplnit již pouze úseky železniční sítě relevantní z hlediska obsluhy množiny 22 vybraných oblastí a následně definovat zastávky, linkové vedení a časové polohy spojů jak v autobusové (či přesněji veřejné linkové osobní dopravě), tak v železniční dopravě.

Při konstrukci železniční sítě jsem, podobně jako v případě konstrukce sítě pozemních komunikací, vycházel z volně dostupných geografických podkladů mapového portálu *openstreetmap.org*, jež jsou integrovány přímo do rozhraní editoru dopravní sítě softwaru PTV VISUM. Vzhledem k tematickému zaměření na problematiku spojení dálkovou dopravou jsem se do modelu rozhodl zařadit pouze nejvýznamnější železniční tratě a traťové úseky s provozem spojů dálkové dopravy (kategorie R, Ex, IC, EC, SC, EN), případně úseky tratí nižšího významu (s provozem vlakových spojů pouze v kategoriích Os, případně Sp) nezbytné pro napojení některé z vybraných oblastí. Pro potřeby zachování síťového charakteru nabídky veřejné dopravy bylo dále rovněž třeba vytvořit dodatečné vrcholy ležící mimo území vybraných oblastí, jež představují důležité přestupní uzly (Kolín, Přerov, Břeclav, Cheb, Česká Třebová, Havlíčkův Brod, Bohumín, Český Těšín, Nymburk, Všetaty, Turnov, Česká Lípa, Mladá Boleslav, Kralupy nad Vltavou, Lužná u Rakovníka). Kompletní seznam traťových úseků obsažených v modelu je uveden v tabulce 2.3, grafické znázornění výsledného modelu vybrané dopravní sítě ČR je pak předmětem přílohy C.

Tabulka 2.3: Seznam traťových úseků zahrnutých do modelu železniční sítě

Číslo tratě dle KJŘ	Traťový úsek zahrnutý do modelu	Číslo tratě dle KJŘ	Traťový úsek zahrnutý do modelu
010, 011	Praha – Česká Třebová	220, 221	Praha – České Budějovice
020	Velký Osek – Hradec Králové	225	Veselí n. L. – Havlíčkův Brod
030, 031	Pardubice - Liberec	230	Kolín – Havlíčkův Brod
070	Praha – Turnov	231	Praha – Nymburk – Kolín
071	Nymburk – Mladá Boleslav	238	Pardubice - Jihlava
072	Ústí n. L. – Lysá n. L.	240	Brno – Jihlava
080	Česká Lípa - Bakov n. J.	250	Havlíčkův Brod – Břeclav
081	Děčín – Česká Lípa	260	Česká Třebová – Brno
086	Česká Lípa – Liberec	270	Česká Třebová – Bohumín
090, 091	Praha – Děčín	300	Brno – Přerov
093	Kralupy n. V. – Kladno	301	Olomouc – Nezamyslice
120	Praha – Lužná u Rakovníka	310	Olomouc – Opava
124	Chomutov – Lužná u Rakovníka	320	Bohumín – Český Těšín
130	Ústí n. L. – Klášterec n. O.	321	Opava – Český Těšín
140	Klášterec n. O. – Cheb	323	Ostrava – Frýdek-Místek
160	Plzeň – Žatec	330	Přerov – Břeclav
170, 171	Praha – Cheb	331	Otrokovice – Zlín
190	Plzeň – České Budějovice	340	Brno - Blažovice

V návaznosti na vymezení prostorových vazeb mezi oblastmi byla následně provedena analýza nabídky spojení, jež byla s ohledem na již dříve zvolený časový rámec primárně směřována do období roku 2011. Pro potřeby vymezení linek a parametrů spojení železniční dopravou jsem využil údaje jízdního řádu 2010/2011 [35]. Při konstrukci modelu nabídky dálkových spojení autobusovou dopravou jsem však byl nucen vycházet z aktuálně platných jízdních řádů veřejné linkové osobní dopravy pro rok 2015 [36], a to především kvůli omezené dostupnosti potřebných starších podkladů z minulých let. Vlastní postup, jenž byl použit k sestavení modelu nabídky spojení veřejnou dopravou v softwaru PTV VISUM, lze shrnout do následujících čtyř kroků:

1. Identifikace relevantních spojů obsluhujících množinu vybraných oblastí se shodnými či podobnými dopravně-přepravními charakteristikami (jízdní doba, trasa)
2. Definice linek veřejné dopravy coby množin podobných spojů (číslování linek v případě dálkové železniční dopravy odpovídá klasifikaci uvedené v dokumentu [6])
3. Sestavení linkových jízdních řádů pro období běžného pracovního dne

Přestupní vazby mezi linkami jsou v modelu realizovány jednak prostřednictvím společných vrcholů reprezentujících uzlové železniční stanice a autobusové terminály, jednak prostřednictvím zvláštních hran určených pro pěší přemístění mezi každými dvěma různými uzly veřejné dopravy uvnitř každé oblasti. Ohodnocení těchto doplňkových hran sítě veřejné dopravy přitom odpovídá minimální době potřebné k přesunu mezi příslušnými vrcholy, jež byla stanovena odhadem na základě údajů vyhledávače spojení IDOS [33].

Přehled všech nadefinovaných linek veřejné dopravy je uveden v příloze D. Předmětem přílohy E je pak grafický výstup z programu PTV VISUM nabízející schématické znázornění četnosti spojů železniční a veřejné linkové dopravy zahrnutých do modelu nabídky veřejné dopravy. Počet spojů na konkrétní hraně za období jednoho běžného pracovního dne je zjednodušeně vyjádřen šířkou barevného pruhu napravo ve směru příslušné hrany. Z uvedeného schématu je mimo jiné patrné jednak dominantní postavení dálkové železniční dopravy z hlediska četnosti spojů v relaci Praha - Pardubice - Olomouc - Ostrava a zpět, jednak relativně vysoká frekvence dálkových spojů veřejné linkové dopravy v relacích Praha - Brno, Praha - Plzeň, Praha - Karlovy Vary, Praha - Most, Praha - Liberec, Praha - Hradec Králové, Brno - Olomouc či Brno - Zlín, kde zjevně chybí dostatečně atraktivní nabídka vlakových spojů. Pro úplnost je třeba rovněž poznamenat, že vysoký počet spojů mezi oblastmi ležícími uvnitř ústeckého, resp. ostravského aglomeračního regionu je způsoben zahrnutím několika doplňkových linek regionální železniční dopravy, jejichž význam z hlediska spojení sousedních oblastí regionu bylo dle mého názoru vhodné v rámci modelu dálkové dopravy zohlednit i přes částečný nesoulad se zvolenou rozlišovací úrovní.

3 Návrh způsobu hodnocení příležitostí dálkové železniční dopravy v ČR

V rámci návrhové části diplomové práce je v první řadě nutné definovat ústřední pojem, jímž se budu ve zbylých kapitolách podrobně zabývat, a sice pojem *příležitost železniční dopravy*. S ohledem na již dříve přijatá východiska a předpoklady budu uvedený pojem nadále chápat v užším, zjednodušeném smyslu, který sice na jedné straně záměrně zanedbává některé aspekty zkoumaného problému, ale na straně druhé umožňuje formulaci přímočarého, transparentního postupu, díky němuž bude i v podmínkách omezených datových podkladů možné dospět ke konkrétním kvantitativním závěrům.

Pojem *příležitost železniční dopravy* jsem se pro účely této práce rozhodl definovat jako *potenciál navýšení dělby přepravní práce ve prospěch železniční dopravy vlivem realizace konkrétního stavebně-technického či provozně-organizačního opatření v železniční dopravě*. Mírou kvantifikace této příležitosti pak bude relativní či absolutní velikost změny veličiny označované česky jako *dělba přepravní práce* a anglicky jako *modal split*, která obecně vyjadřuje podíl jednotlivých dopravních oborů na celkovém přepravním objemu (případně přepravním výkonu) realizovaném v daném území za dané období⁵. Vzhledem k tomu, že pojem *příležitost* má z lingvistického hlediska jednoznačně pozitivní význam, bude vhodné přijmout podobný předpoklad též pro jeho matematické vyjádření. Aby tedy bylo možné v souvislosti s hodnocením dopadů konkrétních opatření hovořit o příležitostech železniční dopravy, musí potenciální změna dělby přepravní práce veřejné dopravy nabývat vždy pouze kladných hodnot. V případech, kdy výsledkem přijatého opatření má být pouhé zachování současného stavu (tj. nulová změna), nebo dokonce pokles podílu veřejné dopravy (tj. záporná změna), se pak pochopitelně nejedná o příležitost železniční dopravy, nýbrž naopak o příležitost jiných, konkurenčních dopravních oborů.

Důležitým hlediskem, jež je v souvislosti s definicí pojmu příležitost železniční dopravy potřeba rovněž zmínit, je pak právě vztah vůči ostatním relevantním dopravním oborům, tj. v případě odvětví dálkové dopravy na území ČR zejména vůči autobusové a individuální automobilové dopravě. Jelikož jsem osobně přesvědčen o tom, že pro vytvoření fungujícího systému veřejné dopravy (coby smysluplné alternativy k dopravě individuální) je zapotřebí povznést se nad úzce oborově vyhraněný pohled na dopravní trh, budu ve své práci nadále pracovat pouze se dvěma vzájemně soupeřícími dopravními módy - na jedné straně

⁵ Přepravním objemem je v tomto případě myšlen celkový počet přepravených osob, zatímco přepravní výkon vyjadřuje vztah mezi přepravním objemem a konkrétní ujetou vzdáleností - v případě přepravy osob jde z matematického hlediska o součin počtu přepravených osob a vzdálenosti, na níž jsou tyto osoby přepravovány, přičemž výsledek se obvykle udává v jednotkách oskm (osobokilometry).

dopravou veřejnou (kombinující více dílčích oborů, tj. železniční, autobusovou, městskou a pěší dopravu), a na straně druhé individuální automobilovou dopravou. V tomto ohledu lze proto dále zúžit význam pojmu příležitost železniční dopravy, který tak již nadále nebude postihovat případy mezioborového „konkurenčního boje“ uvnitř systému veřejné dopravy, kdy by realizace opatření v železniční dopravě sice umožnila navýšit modal split železnice jako takové, ale zároveň by vedla ke zjevnému oslabení celého odvětví veřejné dopravy vůči IAD. Tento přístup není založen na pouhé idealistické představě o nezbytnosti vzájemné spolupráce mezi jednotlivými obory veřejné dopravy, nýbrž odráží reálné podmínky zejména v dálkové dopravě v České republice, kde sice existují některé relace s výrazným konkurenčním bojem autobusové a železniční dopravy (např. Praha - České Budějovice, Praha - Plzeň), ale kde lze identifikovat rovněž řadu relací, na nichž se jako nejvýhodnější způsob spojení veřejnou dopravou může ukázat naopak právě kombinace těchto dvou dopravních oborů (např. Ostrava - Karlovy Vary, Liberec - Plzeň, Ústí nad Labem - Jihlava a některé další podobné relace).

3.1 Formulace modelu pro hodnocení příležitostí

Vzhledem k tomu, že příležitost železniční dopravy byla definována pomocí míry *změny dělby přepravní práce ve prospěch veřejné dopravy*, je pro účely kvantifikace těchto příležitostí nutné navrhnout takový postup, který umožní:

- stanovit aktuální (výchozí) rozdělení přepravní práce mezi sledované dopravní módy,
- implementovat změny odpovídající konkrétním stavebně-technickým či provozně-organizačním opatřením v železniční dopravě,
- stanovit budoucí (potenciální) dělbu přepravní práce při realizaci konkrétních opatření a tu následně porovnat s výchozím stavem.

Vzhledem k tomu, že v dané chvíli nejsou k dispozici přímo použitelná, veřejně dostupná data o dělbě přepravní práce v odvětví dálkové dopravy na území ČR, a provedení speciálního rozsáhlého dopravního průzkumu pouze pro účely této práce by bylo pravděpodobně spojeno s vynaložením nepřiměřeně vysokých nákladů, budu nucen postupovat cestou konstrukce matematického modelu, pomocí něž bude možné na základě zjednodušujících předpokladů a abstrakcí získat alespoň rámcový obraz reálné situace na tuzemském dopravním trhu. Konkrétním nástrojem, jenž využiji pro provádění výpočetních operací a celkové usnadnění práce s vlastním modelem, bude opět specializovaný software pro makroskopické modelování PTV VISUM. V rámci něj tak přímo navážu na již sestavený model sítě pozemních komunikací a nabídky veřejné dopravy, jehož tvorbě jsem se detailně věnoval v předchozí kapitole.

Vlastní kompletní postup konstrukce modelu pro hodnocení příležitostí lze shrnout do následujících čtyř obecných kroků, jejichž podrobnější charakteristika bude předmětem zbytku této kapitoly:

1. Konstrukce modelu vybrané dopravní sítě a nabídky veřejné dopravy (viz kapitola 2)
2. Definice základních parametrů modelu přepravní poptávky (viz oddíl 3.1.1)
3. Vytvoření procedur pro výpočet dělby přepravní práce (viz oddíl 3.1.2)
4. Návrh způsobu hodnocení příležitostí železniční dopravy (viz oddíl 3.1.3)

3.1.1 Definice základních parametrů modelu přepravní poptávky

Pro účely pozdější správné interpretace výsledků je zapotřebí jasně a transparentně vymezit základní východiska pro konstrukci modelu přepravní poptávky. V souladu se zásadami uvedenými v [37] je nyní třeba provést vymezení modelovaného systému jednak z prostorového a časového hlediska, jednak z hlediska obsahové náplně.

Z prostorového hlediska bude model přepravní poptávky plynule navazovat na již vytvořené prostředí tvořené množinou 22 oblastí a sítí silničních a železničních dopravních cest, která zajišťuje jejich fyzické propojení. Rovněž zvolený časový rámec bude založen na předpokladech přijatých již v rámci analýzy přepravní poptávky a nabídky, tj. model bude vztažen k období běžného pracovního dne (0 - 24h) situovaného přibližně do první poloviny roku 2011, neboť právě pro toto období jsou k dispozici podklady posledního Sčítání lidu, domů a bytů a rovněž data o nabídce spojení v železniční dopravě byla do modelu zadána na základě údajů JŘ 2010/2011.

Z hlediska obsahové náplně musí modelovaný systém respektovat jednak omezení daná dostupnými datovými podklady, jednak charakterem požadovaných výstupů. Vzhledem k tomu, že v ČR nejsou k dispozici celorepubliková podrobná statistická data o dopravním chování a mobilitě specifických skupin obyvatel, jako je tomu např. v Německu (projekt *Mobilität in Deutschland 2008* [38]) či ve Švýcarsku (*Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010* [39]), bude v rámci modelu definována jedna souhrnná skupina osob (angl. *person group*), tvořená příslušníky obou sledovaných cílových skupin, tj. jednak zaměstnaných osob, jednak žáků a studentů. Pro konstrukci poptávkového modelu v softwaru PTV VISUM bude dále zapotřebí definovat tzv. poptávkové vrstvy (angl. *demand strata*), v rámci nichž je jedné konkrétní skupině osob přiřazen jeden konkrétní účel cesty (či přesněji pár aktivit, mezi nimiž se přemístění realizuje, angl. *activity pair*). V souladu se závěry analytické části této práce, lze identifikovat v zásadě pouze dva účely cest, pro něž jsou k dispozici potřebné datové podklady - zaměstnání a vzdělání. S ohledem na požadovaný výstup modelu, tj. celkové počty osob přepravených v každé relaci každým z definovaných dopravních módů, není dle

mého názoru za daných podmínek nezbytně nutné nadále rozlišovat uvedenou dvojici účelů cest, a bude proto definována pouze jediná poptávková vrstva modelu, která dané souhrnné skupině osob („zaměstnaní, žáci a studenti“) přiřadí jeden souhrnný účel cesty („dojíždka do zaměstnání nebo do školy“).

Rekapitulaci všech základních nadefinovaných parametrů modelu nabízí tabulka 3.1.

Tabulka 3.1: Přehled základních parametrů dopravního modelu

Počet oblastí	22
Dopravní síť	vybraná síť pozemních komunikací a železničních tratí
Nabídka veřejné dopravy	vybrané dálkové a regionální vlakové spoje dle JŘ 2010/2011, vybrané spoje dálkových autobusových linek dle JŘ 2014/2015
Dopravní systémy	1. osobní automobil (OA) 2. železnice (Z) 3. autobus (B) 4. pěší přesun mezi vrcholy veřejné dopravy (P)
Dopravní módy	1. veřejná doprava (VD) - tvořená systémy Z, B, P 2. individuální automobilová doprava (IAD) - tvořená systémem OA
Skupiny osob	1 souhrnná skupina (zaměstnané osoby, žáci a studenti)
Účely cest	1 souhrnný účel (dojíždka do zaměstnání nebo do školy)
Poptávkové vrstvy	1 vrstva (osoby dojíždějící do zaměstnání nebo do školy)
Vztažný časový rámeček	běžný pracovní den (0:00 - 24:00)
Základní jednotka	počet přepravených osob
Vstupní data o poptávce	matice dojíždkových proudů dle SLDB 2011, celkové roční přepravní výkony dle Ročenky dopravy 2011

3.1.2 Vytvoření procedur pro výpočet dělby přepravní práce

V návaznosti na definovanou základní strukturu modelu přepravní poptávky bude třeba formulovat konkrétní procedury pro transformaci zadaných vstupních dat o dojíždce dle SLDB 2011 na požadované výstupní hodnoty dělby přepravní práce mezi veřejnou a individuální dopravou. Pro tyto účely využijí tzv. LOGIT model (neboli logistický regresní model), pomocí něž bude možné přímo určit teoretický podíl konkrétního dopravního módu v konkrétní přepravní relaci, a to podle následujícího obecného vztahu [4]:

$$P_{1,ij} = \frac{e^{-\lambda C_{1,ij}}}{\sum_{k \in M} e^{-\lambda C_{k,ij}}}$$

kde: $P_{1,ij}$ je podíl 1. módu na počtu osob přepravených z oblasti i do oblasti j
 $C_{1,ij}$ je hodnota nákladové funkce pro 1. mód při cestě z oblasti i do oblasti j
 $C_{k,ij}$ je hodnota nákladové funkce pro k -tý mód při cestě z oblasti i do oblasti j
 M je množina relevantních dopravních módů
 λ je parametr logistického regresního modelu⁶

Vzhledem k tomu, že veličina P má význam podílu na celku, je nutné, aby pro každý dopravní mód k a každou relaci ij byly zároveň splněny následující omezující podmínky:

$$0 \leq P_{k,ij} \leq 1 \quad \forall k, i, j (i \neq j)$$

$$\sum_{k \in M} P_{k,ij} = 1 \quad \forall i, j (i \neq j)$$

S ohledem na podobu modelu přepravní poptávky navrženého v rámci této diplomové práce lze na základě výše uvedeného formulovat následující upravené vztahy pro výpočet podílů veřejné a individuální automobilové dopravy při přepravě mezi každými dvěma vybranými oblastmi (přepravní proudy uvnitř oblastí nejsou do modelu zahrnuty):

$$P_{VD,ij} = \frac{e^{-\lambda C_{VD,ij}}}{e^{-\lambda C_{VD,ij}} + e^{-\lambda C_{IAD,ij}}} = \frac{1}{1 + e^{-\lambda (C_{IAD,ij} - C_{VD,ij})}} ,$$

$$P_{IAD,ij} = 1 - P_{VD,ij} = \frac{e^{-\lambda (C_{IAD,ij} - C_{VD,ij})}}{1 + e^{-\lambda (C_{IAD,ij} - C_{VD,ij})}} ,$$

kde: $P_{VD,ij}$ je podíl veřejné dopravy na počtu osob přepravených z oblasti i do oblasti j
 $P_{IAD,ij}$ je podíl IAD na počtu osob přepravených z oblasti i do oblasti j
 $C_{VD,ij}$ je hodnota nákladové funkce veřejné dopravy při cestě z i do j
 $C_{IAD,ij}$ je hodnota nákladové funkce IAD při cestě z i do j

Nákladové funkce $C_{VD,ij}$ a $C_{IAD,ij}$, jež z formálního hlediska představují nezávislé proměnné tohoto matematického modelu, lze prakticky chápat jako měřítko přepravního odporu veřejné, resp. individuální automobilové dopravy mezi dvěma oblastmi. Obecně lze

⁶ V souladu s definicí uvedenou v [37] jej lze přeneseně chápat jako parametr vyjadřující ochotu uživatelů dopravního systému volit pro svou cestu nákladnější alternativy.

řící, že s rostoucí hodnotou nákladové funkce určitého dopravního módu roste přepravní odpor tohoto módu, a v důsledku tak klesá jeho atraktivita pro uživatele dopravy v dané relaci. Jak však vyplývá z výše uvedených vztahů, nejsou z hlediska výsledné dělby přepravní práce rozhodující samotné absolutní hodnoty nákladových funkcí jednotlivých módů, nýbrž jejich vzájemný vztah vyjádřený rozdílovou funkcí ($C_{IAD,ij} - C_{VD,ij}$). V případě, že dojde ke změně hodnot obou nákladových funkcí $C_{IAD,ij}$ a $C_{VD,ij}$, avšak současně bude zachována konstantní hodnota jejich rozdílu, se totiž podíly jednotlivých módů při použití výše uvedeného LOGIT modelu nezmění.

Při formulaci konkrétního tvaru nákladových funkcí lze teoreticky zohlednit celou řadu proměnných, jež mohou přímo či nepřímo ovlivnit uživatele dopravy při volbě dopravního módu. V souladu s klasifikací uvedenou v [4] lze přitom rozlišovat tři základní skupiny působících faktorů:

- charakteristiky uživatelů dopravy (např. výše příjmu, vlastnictví automobilu apod.)
- charakteristiky přemísťovacího procesu (např. účel cesty, čas odjezdu apod.)
- charakteristiky dopravního systému (kvantitativní i kvalitativní, např. cestovní doba, výše jízdného či mýtného, poplatky za parkování, spolehlivost, pohodlí apod.)

Přestože si plně uvědomuji vliv a důležitost všech uvedených faktorů, rozhodl jsem se pro účely této diplomové práce zformulovat zjednodušený tvar nákladových funkcí, jenž bude založen na jediné proměnné, odpovídající jedné ze základních kvantitativních veličin charakterizujících dopravní systém, tj. cestovní době. Případné rozšíření množiny zkoumaných faktorů o další veličiny by bylo podmíněno nejen znalostí těchto veličin jako takových (a zejména jejich snadnou měřitelností), ale rovněž pochopením jejich vzájemných vztahů, bez nichž nelze kvalifikovaně stanovit tvar nákladové funkce a odhadnout hodnoty jejích parametrů. Vzhledem k tomu, že na základě dostupných dat, znalostí a zkušeností bych nebyl schopen zaručit splnění uvedených předpokladů, ani formulace složitějšího funkčního vztahu by dle mého názoru nutně nevedla ke snížení nejistoty a zvýšení přesnosti výsledného modelu. Z tohoto důvodu budu při výpočtu dělby přepravní práce veřejné a individuální automobilové dopravy vycházet z následujících, relativně jednoduchých vztahů, které pro každou dvojici oblastí definují obecný tvar nákladových funkcí:

$$C_{VD,ij} = t_{VD,ij}$$

$$C_{IAD,ij} = t_{IAD,ij}$$

kde: $t_{VD,ij}$ je průměrná doba cesty veřejnou dopravou mezi těžišti oblastí i a j

$t_{IAD,ij}$ je teoretická doba cesty automobilem mezi těžišti oblastí i a j

S ohledem na relativně vysoký počet potřebných operací budou pro stanovení cestovních dob využity výpočetní procedury, jež jsou součástí použité verze softwaru PTV VISUM, a to konkrétně procedura *Calculate PuT skim matrix* (pro výpočet matice cestovních dob veřejné dopravy) a procedura *Calculate PrT skim matrix* (pro výpočet matice cestovních dob IAD). Jelikož způsob a parametry vlastního výpočtu jsou z hlediska navrhovaného modelu zcela zásadní, považuji nyní za vhodné uvést základní charakteristiku obou zmíněných procedur.

Procedura pro výpočet matice cestovních dob veřejné dopravy

Na základě jízdního řádu veřejné dopravy sestaveného během návrhu modelu dopravní sítě bude pro každou relaci nejprve proveden výběr všech relevantních spojení za sledované období běžného pracovního dne. Každé spojení se přitom skládá z těchto částí:

1. cesta z těžiště zdrojové oblasti do výchozího vrcholu veřejné dopravy
2. cesta mezi přístupovými vrcholy zdrojové a cílové oblasti konkrétními vlakovými či autobusovými spoji nebo jejich kombinací (včetně případných přestupů a pěších přesunů mezi vrcholy veřejné dopravy)
3. cesta z posledního přístupového vrcholu veřejné dopravy do těžiště cílové oblasti

Pro účely výběru spojení jsem pak v rámci PTV VISUM definoval následující pravidla:

- přesný časový rámec pro vyhledávání tvoří období od 0:00h do 24:00h jednoho běžného pracovního dne, přičemž do výběru lze zařadit pouze spojení, jejichž čas odjezdu i příjezdu leží v tomto přesně vymezeném období
- pro každý relevantní časový okamžik z daného intervalu bude nalezeno spojení s minimální hodnotou impedance I získané ze vztahu:

$$I = t_j + 10 \cdot n_p$$

kde: t_j je celková cestovní doba pro dané spojení

n_p je počet přestupů v rámci daného spojení (maximální přípustná hodnota přitom činí 5 přestupů)

Takto získaná spojení budou dále seřazena dle velikosti I , přičemž 50% spojení s největšími hodnotami impedance bude u každé relace vyřazeno. Na základě cestovních dob zbývajících 50% nejlepších spojení budou následně vypočteny hledané hodnoty průměrné cestovní doby $t_{VD,ij}$ pro každou z relevantních relací ij .

Procedura pro výpočet matice cestovních dob IAD

Pro účely stanovení cestovní doby IAD bude (na základě již dříve zadaných parametrů sítě pozemních komunikací) pro každou hranu proveden výpočet teoretické (ideální) cestovní

doby odpovídající situaci nezatížené dopravní sítě. V dalším kroku dojde u každé z relací k vyhledání nejlepší možné trasy z těžiště zdrojové oblasti do těžiště cílové oblasti, a to dle kritéria minimálního součtu časového ohodnocení jednotlivých hran tvořících tuto trasu (včetně ohodnocení konektorů propojujících těžiště s přístupovými vrcholy dopravní sítě). Výsledné hodnoty cestovní doby $t_{IAD,ij}$ pak přímo odpovídají celkové teoretické době cesty mezi oblastmi i a j při využití nalezené nejrychlejší trasy.

Výstupem popsaných výpočetních procedur bude dvojice matic obsahujících hodnoty potřebné pro určení nákladových funkcí obou sledovaných dopravních módů, a to pro všech 462 mezioblastních relací. Aby bylo možné provést výpočet dělby přepravní práce, je dále zapotřebí definovat v rámci softwaru PTV VISUM proceduru *Mode choice* (volba dopravního módu), jejímž výsledkem budou dvě dílčí matice přepravních proudů. První bude obsahovat výsledné absolutní počty osob přepravujících se veřejnou dopravou, druhá pak absolutní počty osob využívajících individuální automobilovou dopravu.

Jako matice vstupních dat o přepravní poptávce bude přitom přímo využita matice celkových dojížděkových proudů mezi oblastmi sestavená na základě výsledků SLDB 2011, která je předmětem přílohy A (tabulka A3). Pro vlastní výpočet podílů veřejné a individuální dopravy na základě výše formulovaného LOGIT modelu pak zbývá již pouze provést odhad parametru λ . K tomuto účelu využijí data o celkových ročních přepravních výkonech zveřejněná Ministerstvem dopravy ČR v rámci Ročenky dopravy 2011 (především z důvodu neexistence vhodnějších podkladů, na jejichž základě by bylo možné daný parametr odhadnout přesněji). Odhad bude proveden konkrétně metodou postupných úprav hodnoty parametru λ , a to takovým způsobem, aby bylo v rámci dopravního modelu dosaženo poměru celkových přepravních výkonů veřejné a individuální dopravy, jenž bude odpovídat skutečnému poměru celkových přepravních výkonů v ČR v roce 2011. Vzhledem ke způsobu členění dat v rámci Ročenky dopravy 2011 bohužel nelze přímo stanovit denní přepravní výkon dálkové dopravy (ani veřejné, ani individuální), a z tohoto důvodu bude nutné pracovat s následujícími souhrnnými hodnotami ročních přepravních výkonů za jednotlivé dopravní obory [30]:

- v případě IAD jde o celkový roční přepravní výkon 65 490 mil. oskm
- v případě veřejné dopravy jde o roční přepravní výkon 31 262 mil. oskm (hodnota odpovídá součtu přepravních výkonů železniční, autobusové a městské hromadné dopravy; přepravní výkony letecké a vodní dopravy nejsou uvažovány)

Na základě uvedených hodnot lze stanovit přibližný poměr celkových přepravních výkonů 68 : 32 ve prospěch individuální automobilové dopravy. Přijmeme-li zjednodušující hypotézu,

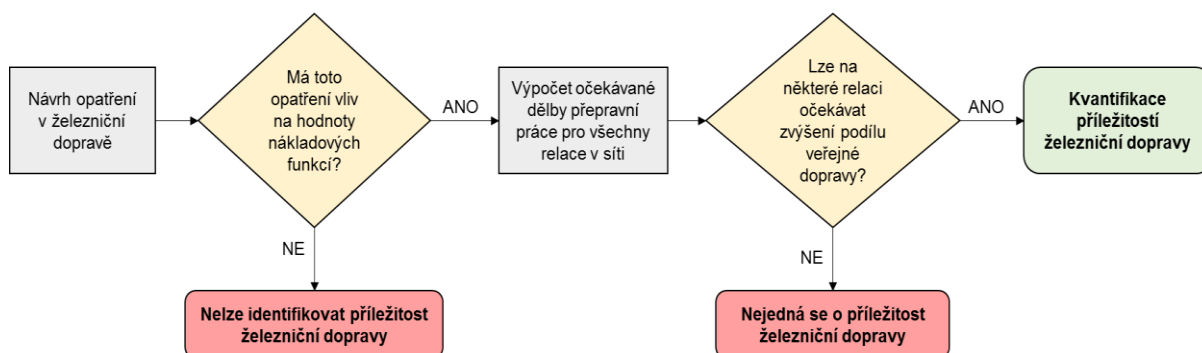
že obdobný poměr může vykazovat též samotná dálková doprava uskutečňující se mezi 22 vybranými oblastmi, bude třeba pro účely výpočtu dělby přepravní práce nalézt takovou hodnotu parametru λ , aby podíl celkových denních přepravních výkonů veřejné dopravy v rámci dopravního modelu dosahoval právě hodnoty 32%. Konkrétní závěry týkající se odhadu parametru λ budou spolu s výsledky výpočtu cestovních dob a dělby přepravní práce uvedeny v kapitole 4.

3.1.3 Návrh způsobu hodnocení příležitostí železniční dopravy

Prostřednictvím výpočtu dělby přepravní práce dle výše uvedeného postupu bude možné získat představu o výchozí situaci v dálkové dopravě odpovídající modelovanému stavu roku 2011. Pro účely vymezení a vyhodnocení příležitostí železniční dopravy však bude ještě třeba provést následující dílčí kroky:

- předběžnou analýzu výchozí situace
- identifikaci možných stavebně-technických či provozně-organizačních opatření v dálkové železniční dopravě
- úpravu modelu nabídky železniční dopravy dle konkrétního navrhovaného opatření
- výpočet očekávané (potenciální) dělby přepravní práce pro upravený dopravní model
- kvantitativní srovnání výchozího a očekávaného stavu z hlediska dělby přepravní práce mezi veřejnou a individuální automobilovou dopravu

V rámci analýzy modelu výchozí situace, jež bude předmětem kapitoly 4, bude provedena zejména klasifikace množiny mezioblastních relací dle vzájemného postavení veřejné a individuální automobilové dopravy, a to jak z hlediska hodnot nákladových funkcí, tak z hlediska výsledné dělby přepravní práce. Na toto obecnější vymezení týkající se celého sledovaného území pak naváže kapitola 5, v níž budou na příkladu konkrétních relací ukázány zbývající kroky navrženého modelu, včetně identifikace a kvantifikace existujících příležitostí železniční dopravy dle postupu, jenž je schematicky znázorněn na obrázku 3.1.



Obrázek 3.1: Schéma rozhodovacího procesu pro identifikaci příležitostí železniční dopravy (zdroj: vlastní zpracování)

4 Vymezení příležitostí dálkové železniční dopravy v ČR

V souladu s postupem pro konstrukci dopravního modelu a jeho vyhodnocení, jenž byl podrobně představen v předchozí kapitole, jsem s pomocí nástrojů a procedur softwaru PTV VISUM provedl výpočet hodnot všech požadovaných veličin, a to v následujícím pořadí, daném sekvencí výpočetních procedur:

1. Výpočet cestovních dob veřejné dopravy a IAD
2. Výpočet cestovních vzdáleností veřejné dopravy a IAD
3. Výpočet dělby přepravní práce dle navrženého LOGIT modelu
4. Výpočet přepravních výkonů veřejné dopravy a IAD

Vzhledem k tomu, že před prvním během sekvence procedur nebyla známa hodnota parametru λ , byla pro účely výpočtu zvolena dočasná počáteční hodnota $\lambda = 1$. Postupným opakováním výpočetní sekvence s různými hodnotami parametru bylo dosaženo různých výsledných hodnot dělby přepravní práce, a tedy i různého poměru celkových přepravních výkonů, což odpovídá teoretickým předpokladům vyplývajícím z vlastností použitého matematického modelu. Aby bylo možné zaručit věrohodnost získaných výsledků, bylo třeba po každém běhu výpočetní sekvence stanovit poměr celkových přepravních výkonů veřejné a individuální dopravy, porovnat jej s referenční hodnotou dle údajů Ročenky dopravy 2011, a v případě existence odchylky modifikovat hodnotu parametru λ pro účely dalšího běhu výpočetní sekvence. Tímto způsobem bylo v rámci dopravního modelu po několika opakováních výpočtu dosaženo výsledné sumy přepravních výkonů cca 4,03 mil. oskm v případě IAD a cca 1,91 mil. oskm v případě veřejné dopravy, což odpovídá právě požadovanému poměru 68 : 32 ve prospěch individuální automobilové dopravy. Hledaná hodnota odhadovaného parametru logistického regresního modelu přitom činí $\lambda = 0,037$.

Souhrnné výsledky výpočtu cestovních dob a výchozí dělby přepravní práce jsou z prostorových důvodů uvedeny samostatně v přílohách. Příloha F obsahuje konkrétně dvojici matic s hodnotami cestovních dob veřejné dopravy $t_{VD,ij}$ (tabulka F1) a individuální automobilové dopravy $t_{IAD,ij}$ (tabulka F2), jež byly použity v nákladových funkcích LOGIT modelu. Příloha G pak nabízí kompletní přehled podílů veřejné a individuální dopravy na celkových přepravních proudech, a to formou těchto dílčích matic:

- Matice absolutních podílů veřejné a individuální automobilové dopravy vyjádřených v počtech přepravených osob (tabulky G1 a G2)
- Matice relativních podílů veřejné a individuální automobilové dopravy vyjádřených v procentech přepravených osob (tabulky G3 a G4)

(Hodnoty podílů jsou uvedeny pouze pro relace s nenulovou přepravní poptávkou.)

4.1 Validace dopravního modelu

Účelem validace modelu je ověřit soulad vypočtených (modelovaných) hodnot s hodnotami skutečnými. Ovšem vzhledem k tomu, že hlavním motivem pro konstrukci dopravního modelu byla nemožnost zjistit skutečné hodnoty dělby přepravní práce jiným způsobem, nejsou v tomto případě k dispozici potřebné referenční hodnoty, s nimiž by bylo možné srovnat vypočtené podíly veřejné a individuální automobilové dopravy. Z tohoto důvodu se při validaci omezím pouze na zbývající dvě veličiny použité v rámci samotného výpočtu, tj. cestovní doby veřejné dopravy a cestovní doby IAD.

V případě cestovních dob veřejné dopravy je proces validace zkomplikován skutečností, že podklady použité pro konstrukci modelu nabídky částečně odpovídají dnes již neaktuální situaci roku 2011 a při ověření hodnot cestovních dob např. prostřednictvím online vyhledávače spojení IDOS [33] tedy může dojít k většímu či menšímu zkreslení. Druhý problém pak spočívá zejména ve způsobu, jímž byl v rámci modelu proveden vlastní výpočet cestovních dob. Vzhledem k tomu, že do nákladové funkce byly dosazeny teoretické (průměrné) hodnoty cestovní doby za celé sledované období běžného pracovního dne, bylo by dle mého názoru zavádějící provádět jejich přímé srovnání s referenčními hodnotami odpovídajícími jednotlivým konkrétním vlakovým či autobusovým spojům. S ohledem na uvedené skutečnosti jsem se proto rozhodl ověřit alespoň správnost zadávaných vstupních údajů, tj. provést opětovnou kontrolu sestavených jízdnicích řádů veřejné dopravy, a to jak z hlediska tras a časových poloh vlakových a autobusových spojů, tak z hlediska parametrů stanic a zastávek (v tomto případě zejména údajů o minimálních přestupní době a době potřebné na přesun mezi sousedními uzly veřejné dopravy). Jelikož během kontroly nebyla identifikována žádná odchylka mezi modelem a použitými podklady, lze výsledek validace označit za uspokojivý.

Z hlediska cestovních dob individuální automobilové dopravy je naproti tomu možné aplikovat obvyklý postup validace, jenž spočívá ve srovnání hodnot modelu s reálnými hodnotami získanými nezávisle na způsobu, jímž byl tvořen vlastní model. Vzhledem k tomu, že v našem případě byla pro konstrukci modelu použita vstupní data týkající se přímých parametrů jednotlivých pozemních komunikací (tj. kategorie komunikace a rychlost na nezátížené síti), lze provést nezávislé ověření vypočtených cestovních dob IAD například prostřednictvím jejich srovnání s hodnotami cestovních dob dle některého z online plánovačů tras. S ohledem na vysoký počet relací bylo pro účely validace namátkově vybráno pouze několik z nich, pro něž byla následně stanovena referenční hodnota cestovní doby odpovídající výsledkům vyhledávání nejrychlejší trasy v rámci plánovače tras na online mapovém portálu Mapy.cz [32]. Jelikož tímto způsobem byly získány prosté cestovní doby mezi dvěma přístupovými vrcholy, bylo pro účely srovnání dále třeba od hodnoty

modelované cestovní doby $t_{IAD,ij}$ (příloha F, tabulka F2) odečíst průměrnou dobu $t_{prům,i}$ potřebnou na přemístění z těžiště zdrojové oblasti do jejího přístupového vrcholu, a analogicky rovněž dobu $t_{prům,j}$ potřebnou na přemístění z přístupového vrcholu cílové oblasti do jejího těžiště (již dříve vypočtené hodnoty $t_{prům}$ pro jednotlivé oblasti jsou předmětem přílohy B). Výsledné srovnání cestovních dob IAD nabízí tabulka 4.1.

Tabulka 4.1: Validace dopravního modelu z hlediska cestovních dob IAD

Relace	Cestovní doba dle modelu $t_{IAD,ij}$ [min]	Součet dob $t_{prům,i}$ + $t_{prům,j}$ [min]	Upravená cestovní doba $t'_{IAD,ij}$ [min]	Cestovní doba dle plánovače tras Mapy.cz [min]	Absolutní odchylka [min]	Relativní odchylka [-]
Praha - Opava	231	22	209	216	-7	-3%
Plzeň - Chomutov-Jirkov	102	11	91	93	-2	-2%
Karviná - Frýdek-Místek	39	11	28	27	1	3%
Ostrava - Pardubice	177	15	162	164	-2	-1%
Kladno - Ústí nad Labem	81	12	69	72	-3	-4%
Most - Praha	91	23	68	71	-3	-4%
Hradec Králové - Zlín-Otrokovice	170	15	155	156	-1	-1%
Děčín - České Budějovice	200	13	187	183	4	2%
Brno - Karlovy Vary	216	15	201	209	-8	-4%
Liberec - Olomouc	210	14	196	197	-1	-1%
Průměr					-2	-1%

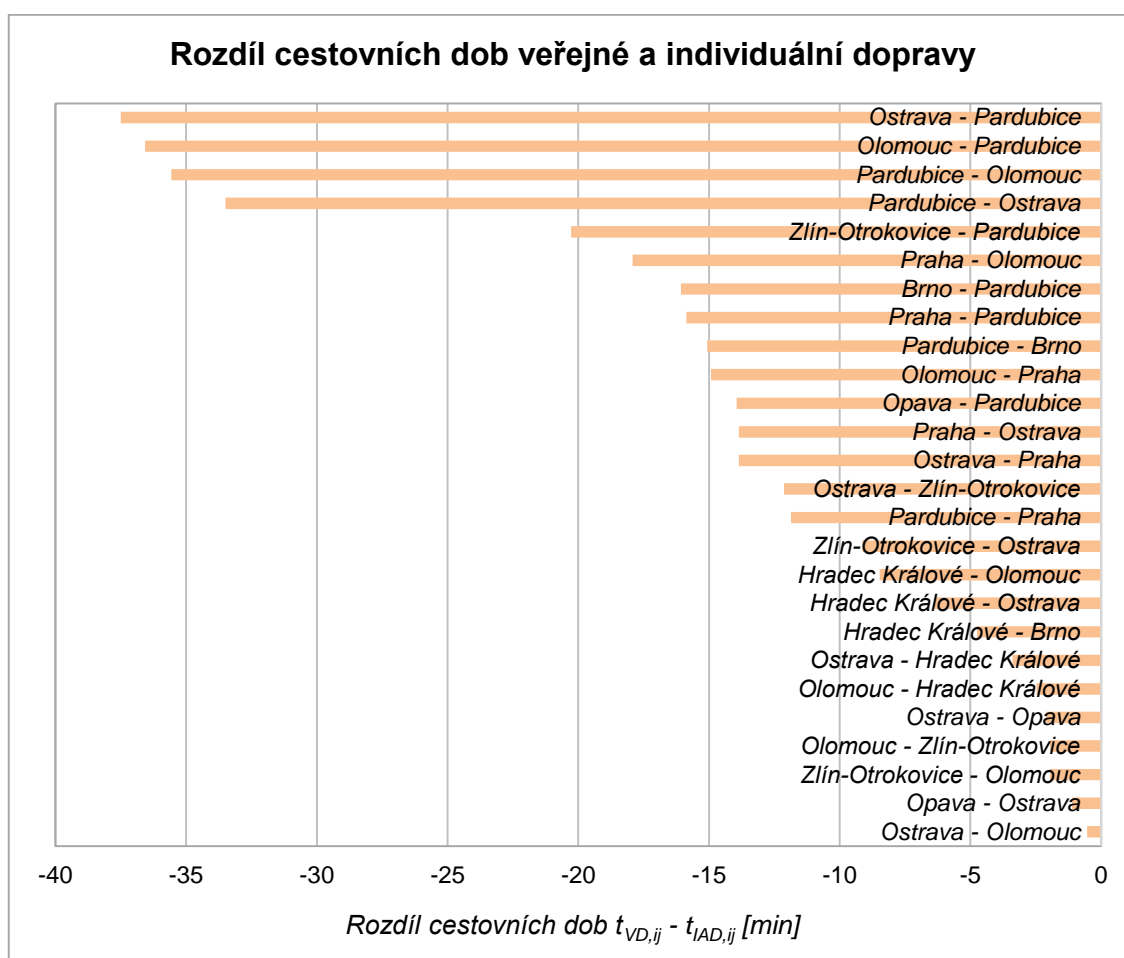
Na základě uvedeného srovnání lze konstatovat, že na většině vybraných relací dochází v rámci dopravního modelu ke zkrácení cestovní doby IAD oproti hodnotám vypočteným pomocí zvoleného plánovače tras. To je pravděpodobně zapříčiněno způsobem konstrukce modelu, jenž byl založen na vytvoření relativně jednoduché struktury dopravní sítě (pouze 16 základních typů hran, viz tabulka 2.2), která pochopitelně neumožňuje postihnout všechny specifické charakteristiky a parametry reálné dopravní infrastruktury mající vliv na výslednou cestovní dobu. Vzhledem k nízkým hodnotám dílčích i průměrných odchylek lze však výsledek validace dopravního modelu označit za uspokojivý.

4.2 Analýza výchozí situace

V souladu se strukturou uvedených výstupů dopravního modelu bude při analýze postavení veřejné dopravy v jednotlivých relacích vhodné vycházet ze třech hlavních hledisek, jimiž jsou:

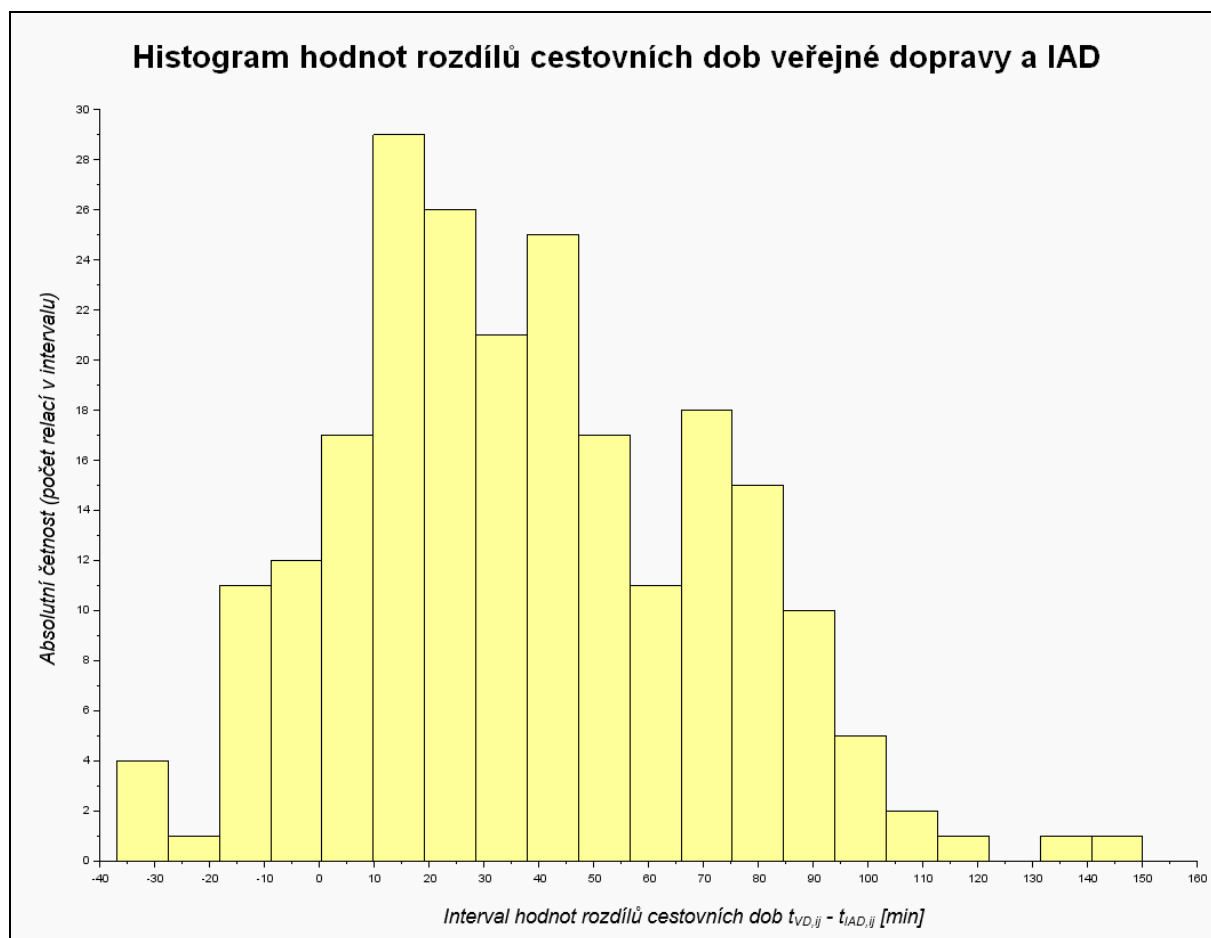
- rozdíl cestovních dob veřejné a individuální dopravy
- relativní podíl veřejné dopravy na celkovém přepravním objemu
- absolutní podíl veřejné dopravy na celkovém přepravním objemu

Pokud jde o první uvedené kritérium, lze na základě srovnání matic cestovních dob veřejné a individuální dopravy (viz příloha F) identifikovat celkem 26 relací, v nichž spojení veřejnou dopravou představuje rychlejší alternativu vůči IAD. Jednoznačně nejvýraznější úsporu cestovní doby nabízí veřejná doprava především při cestách mezi oblastmi ležícími přímo na 1. či 2. tranzitním železničním koridoru (Praha, Ostrava, Pardubice, Olomouc, Brno), případně v jejich blízkosti (Zlín-Otrokovice, Hradec Králové). O tom ostatně svědčí rovněž graf rozdílů cestovních dob veřejné a individuální dopravy na obrázku 4.1, v němž jsou uvedeny všechny relace vyhovující podmínce $t_{VD,ij} < t_{IAD,ij}$.



Obrázek 4.1: Graf rozdílů cestovních dob veřejné dopravy a IAD (zdroj: vlastní zpracování)

Pomineme-li nyní ty relace, na nichž v rámci SLDB 2011 nebyla zaznamenána žádná poptávka po přepravě do zaměstnání či do škol, zbývá přibližně 200 relací vykazujících naopak vyšší cestovní doby veřejné dopravy, tj. $t_{VD,ij} > t_{IAD,ij}$. S ohledem na konkrétní hodnoty vyplývající z porovnání matic cestovních dob lze pro utvoření obecné představy o vztahu veřejné dopravy a IAD sestavit histogram rozdílů cestovních dob $t_{VD,ij} - t_{IAD,ij}$ (viz obrázek 4.2), z něž je patrné poměrně široké rozpětí vyskytujících se hodnot. Minimální rozdíl odpovídá konkrétně hodnotě -37 minut, maximální rozdíl činí 150 minut a oblast nejvyšších četností lze přibližně vymežit hodnotami rozdílů 0 až 60 minut.



Obrázek 4.2: Histogram rozdílů cestovních dob veřejné dopravy a IAD (zdroj: vlastní zpracování)

Mezi relacemi ležícími v pásmu relativně nízkých kladných hodnot rozdílů cestovních dob veřejné a individuální dopravy dominují relace reprezentující spíše regionální přepravní vazby v rámci větších aglomeračních celků. V případě hradecko-pardubického aglomeračního regionu se jedná přímo o relace Hradec Králové - Pardubice a zpět, v případě ústeckého aglomeračního regionu jde například o relace Děčín - Ústí nad Labem (a zpět), Most - Chomutov-Jirkov (a zpět), Most - Teplice (a zpět), v případě ostravského regionu pak lze uvést relace Karviná - Ostrava či Frýdek-Místek - Ostrava. Kromě nich je

však možné identifikovat též několik typicky dálkových relací, na nichž veřejná doprava dosahuje přibližně srovnatelné nebo nejvýše o několik minut delší cestovní doby než doprava individuální, jako například:

- Olomouc - Ostrava (rozdíl cestovních dob pouze 2,5 minuty ve prospěch IAD)
- Brno - Hradec Králové (rozdíl cca 3 minuty ve prospěch IAD)
- Plzeň - České Budějovice a zpět (rozdíl 8, resp. 9 minut ve prospěch IAD)
- Karviná - Praha a zpět (rozdíl cca 9, resp. 11 minut ve prospěch IAD)
- Děčín - Olomouc (rozdíl 9,5 minuty ve prospěch IAD)
- Opava - Praha (rozdíl cca 9,5 minuty ve prospěch IAD)

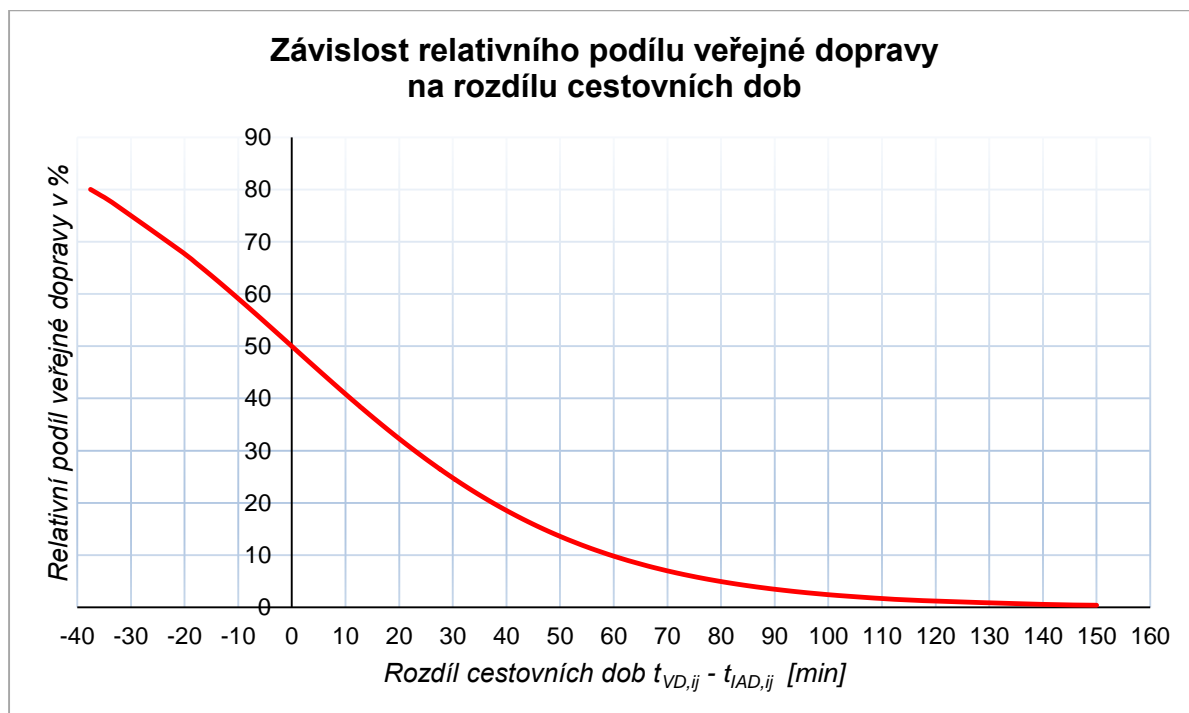
Zaměříme-li se krátce na skupinu relací z opačného konce spektra, pro něž hodnota rozdílu mezi cestovními dobami veřejné a individuální dopravy přesahuje hranici 90 minut, je zde patrná převaha relací reprezentujících méně významné vazby mezi vzdálenějšími oblastmi bez možnosti přímého spojení veřejnou dopravou. K relacím s nejhorší bilancí cestovní doby veřejné dopravy patří konkrétně relace Zlín-Otrokovice - Plzeň, Karlovy Vary - Brno, Ostrava - České Budějovice, Č. Budějovice - Olomouc a Havířov - Č. Budějovice.

Při analýze výstupů týkajících se výchozí relativní dělby přepravní práce (příloha G, tabulka G3) lze vyvodit v zásadě srovnatelné závěry jako v případě analýzy cestovních dob, neboť z vlastností použitého LOGIT modelu a tvaru nákladových funkcí vyplývá jednoznačná závislost mezi hodnotou rozdílu cestovní doby veřejné a individuální dopravy na jedné straně, a dělbou přepravní práce na straně druhé. Ze srovnání hodnot matic v přílohách F a G je patrné, že relace s lepší bilancí cestovní doby veřejné dopravy vykazují rovněž vyšší relativní podíl veřejné dopravy na celkovém přepravním objemu, přičemž pro dosažení nadpolovičního podílu je nezbytné dosáhnout záporné hodnoty rozdílu $t_{VD,ij} - t_{IAD,ij}$ (tuto podmínku splňuje pouze 26 relací uvedených již v rámci grafu na obrázku 4.1). Současně platí, že čím delší je cestovní doba veřejné dopravy oproti cestovní době IAD, tím nižší je výsledný relativní podíl veřejné dopravy, a to přibližně v souladu s průběhem křivky, jež byla vytvořena empiricky na základě souboru konkrétních dat získaných z modelu a již znázorňuje graf na obrázku 4.3.

Oproti relativní dělbě přepravní práce, jejíž výsledné hodnoty jsou ovlivněny pouze hodnotami nákladových funkcí (cestovních dob) a parametrem λ , hraje v případě výpočtu absolutních podílů veřejné a individuální dopravy významnou roli rovněž třetí činitel, jímž je celková velikost poptávky v dané relaci (odpovídající matici přepravních vztahů dle SLDB 2011). V tomto ohledu lze v návaznosti na již zmíněné příklady nejvýznamnějších relací uvést některé další relace, jež se navzdory méně výhodné bilanci cestovních dob vyznačují

poměrně vysokým absolutním počtem osob přepravených veřejnou dopravou (viz příloha G, tabulka G1). Pomineme-li případy silných regionálních mezioblastních vazeb uvnitř pražského, ústeckého či ostravského aglomeračního regionu, jedná se zejména o následující dálkové relace:

- Plzeň - Praha (rozdíl cestovních dob cca 30 minut ve prospěch IAD, absolutní podíl veřejné dopravy 493 osob)
- Ústí nad Labem - Praha (rozdíl cca 25 minut, absolutní podíl 356 osob)
- Hradec Králové - Praha (rozdíl cca 27 minut, absolutní podíl 334 osob)
- Most - Praha (rozdíl cca 20,5 minuty, absolutní podíl 305 osob)
- Olomouc - Brno (rozdíl cca 19 minut, absolutní podíl 258 osob)
- České Budějovice - Praha (rozdíl cca 32,5 minuty, absolutní podíl 253 osob)
- Liberec - Praha (rozdíl cca 43 minut, absolutní podíl 238 osob)



Obrázek 4.3: Graf závislosti relativního podílu veřejné dopravy na rozdílu cestovních dob (zdroj: vlastní zpracování)

Je zřejmé, že pro účely komplexního posouzení postavení veřejné dopravy v České republice by bylo zapotřebí provést mnohem obsáhlejší a detailnější analýzu výchozí modelované situace. Přesto však lze již na základě výše uvedených poznatků získat předběžnou představu o struktuře zkoumaného souboru mezioblastních relací z hlediska atraktivity a přepravního potenciálu veřejné dopravy, na níž bude možné plynule navázat v rámci poslední kapitoly této práce při návrhu konkrétních opatření v železniční dopravě.

5 Ověření návrhu na vybraných relacích

Jak bylo zmíněno již v samotném úvodu, jedním z motivů, jenž mě vedl k tvorbě modelu hodnocení příležitostí, byla snaha o kvantifikaci dopadů konkrétních provozních opatření v železniční dopravě, jimiž jsem se zabýval ve své bakalářské práci [1]. Vzhledem k tomu, že potřebný teoretický rámec byl definován již v rámci předchozích kapitol, je tedy nyní možné přikročit k přímé aplikaci navrženého modelu na konkrétní příklad několika vybraných dálkových relací (Praha - Plzeň a zpět, Praha - České Budějovice a zpět), pro něž jsem ve zmíněné bakalářské práci navrhl a prověřil novou provozní koncepci dálkové železniční dopravy založenou na rozšíření nabídky o dodatečné expresní vlakové spoje. V následujícím textu se budu zejména snažit prokázat, že navržená provozní opatření mohou mít pozitivní vliv na modal split veřejné dopravy nejen v uvedených relacích, a že je tedy lze skutečně charakterizovat (a následně kvantifikovat) jako příležitost dálkové železniční dopravy.

5.1 Návrh opatření v železniční dopravě

Podstata navrhovaných opatření je v zásadě společná pro všechny sledované relace, neboť jak v případě relace Praha - Plzeň a zpět, tak v případě relace Praha - České Budějovice a zpět byl v rámci uvedené bakalářské práce zvolen přístup spočívající v zavedení dodatečných vlakových spojů tzv. expresního segmentu při současném zachování stávajícího rozsahu nabídky všech ostatních spojů osobní dopravy. S ohledem na skutečnost, že v rámci této diplomové práce je hlavní důraz kladen na modelování makroskopických přepravních vztahů v dálkové dopravě na území České republiky, není však dle mého názoru nezbytně nutné detailně se zabývat okolnostmi a parametry vlastního procesu návrhu provozní koncepce na jednotlivých železničních tratích. Pro úplnost pouze doplním, že ke konstrukci nákrešného jízdního řádu, jejímž výsledkem bylo úspěšné ověření proveditelnosti navrhované provozní koncepce v podmínkách daných tehdy platným GVD 2012/2013, jsem využil specializovaný německý software FBS, přičemž konkrétní grafické výstupy (tj. jednak pracovní návrhy NJŘ osobní dopravy pro tratě 170, 171, 220 a 221, jednak vzorové diagramy rychlost-dráha popisující teoretický průběh jízdy expresních vlaků v úsecích Praha - Plzeň a zpět a Praha - České Budějovice a zpět) jsou čtenářům v případě zájmu k dispozici v rámci mé bakalářské práce [1].

Na základě získaných poznatků týkajících se možností zavedení dvousegmentové provozní koncepce dálkové železniční dopravy v relacích Praha - Plzeň a Praha - České Budějovice lze nyní formulovat přímo konkrétní návrhy úprav jízdních řádů obou dotčených linek veřejné dopravy (R6, R7), podle nichž bude následně možné aktualizovat původní

dopravní model zkonstruovaný pomocí softwaru PTV VISUM a provést vyhodnocení dopadů navrhovaného opatření na dělbu přepravní práce. Přehled návrhů jednotlivých úprav JŘ pro větší názornost uvádím ve formě tabulkového srovnání výchozího a navrhovaného stavu (s barevným zvýrazněním nově zavedených expresních spojů), a to zvláště pro relace Praha - Plzeň (tabulka 5.1), Plzeň - Praha (tabulka 5.2), Praha - České Budějovice (tabulka 5.3) a České Budějovice - Praha (tabulka 5.4).

Tabulka 5.1: Návrh úprav JŘ dálkové železniční dopravy v relaci Praha - Plzeň

Výchozí stav	Praha hl.n. (odj.)	4:10	5:10	6:10	7:10	8:10	9:10	10:10	11:10	12:10	13:10
	Plzeň hl.n. (přij.)	5:50	6:50	7:50	8:50	9:50	10:50	11:50	12:50	13:50	14:50
Návrh	Praha hl.n. (odj.)	14:10	15:10	16:10	17:10	18:10	19:10	20:10	21:10	23:40	
	Plzeň hl.n. (přij.)	15:50	16:50	17:50	18:50	19:50	20:50	21:50	22:50	1:20	
Návrh	Praha hl.n. (odj.)	4:15	5:15	6:15	6:45	7:15	8:15	8:45	9:15	10:15	10:45
	Plzeň hl.n. (přij.)	5:50	6:50	7:50	7:58	8:50	9:50	9:58	10:50	11:50	11:58
	Praha hl.n. (odj.)	11:15	12:15	12:45	13:15	14:15	14:45	15:15	16:15	16:45	17:15
	Plzeň hl.n. (přij.)	12:50	13:50	13:58	14:50	15:50	15:58	16:50	17:50	17:58	18:50
	Praha hl.n. (odj.)	18:15	18:45	19:15	20:15	20:45	21:15	22:45	23:45		
	Plzeň hl.n. (přij.)	19:50	19:58	20:50	21:50	21:58	22:50	23:58	1:20		

Tabulka 5.2: Návrh úprav JŘ dálkové železniční dopravy v relaci Plzeň - Praha

Výchozí stav	Plzeň hl.n. (odj.)	4:10	5:10	6:10	7:10	8:10	9:10	10:10	11:10	12:10	13:10
	Praha hl.n. (přij.)	5:54	6:54	7:54	8:54	9:54	10:54	11:54	12:54	13:54	14:54
Návrh	Plzeň hl.n. (odj.)	14:10	15:10	16:10	17:10	18:10	19:10	20:10	21:10	22:10	
	Praha hl.n. (přij.)	15:54	16:54	17:54	18:54	19:54	20:54	21:54	22:54	23:54	
Návrh	Plzeň hl.n. (odj.)	4:08	5:00	5:08	6:00	6:08	7:08	8:00	8:08	9:08	10:00
	Praha hl.n. (přij.)	5:44	6:13	6:44	7:13	7:44	8:44	9:13	9:44	10:44	11:13
	Plzeň hl.n. (odj.)	10:08	11:08	12:00	12:08	13:08	14:00	14:08	15:08	16:00	16:08
	Praha hl.n. (přij.)	11:44	12:44	13:13	13:44	14:44	15:13	15:44	16:44	17:13	17:44
	Plzeň hl.n. (odj.)	17:08	18:00	18:08	19:08	20:00	20:08	21:08	22:08		
	Praha hl.n. (přij.)	18:44	19:13	19:44	20:44	21:13	21:44	22:44	23:44		

Při návrhu úprav nabídky železničního spojení v relaci Praha - Plzeň a zpět bylo v souladu se změnou provozní koncepce dálkové dopravy dle práce [1] možné kromě zavedení nových expresních vlakových spojů mírně zkrátit jízdní doby a upravit časové polohy dosavadních spojů kategorie R, a to zejména díky skutečnosti, že pro konstrukci upraveného jízdního řádu

byl oproti výchozí situaci roku 2011 uvažován stav železniční infrastruktury po realizaci stavebně-technických opatření v rámci projektů optimalizace trati Beroun - Zbiroh a optimalizace trati Zbiroh - Rokycany. Celkový rozsah nabídky v rámci dodatečně vytvořeného expresního segmentu ve výsledku činí 9 spojů denně v každém směru, přičemž standardní interval obsluhy dosahuje hodnoty 120 minut⁷.

Tabulka 5.3: Návrh úprav JŘ dálkové železniční dopravy v relaci Praha - Č. Budějovice

Výchozí stav	Praha hl.n (odj.)	5:16	6:16	7:16	8:16	9:16	11:16	12:16	13:16	14:16
	Č. Budějovice (přij.)	7:56	8:56	9:56	10:56	11:56	13:56	14:56	15:56	16:56
Návrh	Praha hl.n (odj.)	5:15	6:15	6:45	7:15	8:15	8:45	9:15	10:45	11:15
	Č. Budějovice (přij.)	7:51	8:46	8:55	9:51	10:46	10:55	11:51	12:55	13:51
Návrh	Praha hl.n (odj.)	12:15	12:45	13:15	14:15	14:45	15:15	16:15	16:45	17:15
	Č. Budějovice (přij.)	14:46	14:55	15:51	16:46	16:55	17:51	18:46	18:55	19:51
Návrh	Praha hl.n (odj.)	18:15	18:45	19:15	20:15	20:45	22:15	22:45		
	Č. Budějovice (přij.)	20:46	20:55	21:46	22:46	22:55	0:46	0:55		

Tabulka 5.4: Návrh úprav JŘ dálkové železniční dopravy v relaci Č. Budějovice - Praha

Výchozí stav	Č. Budějovice (odj.)	4:04	5:04	6:04	7:04	8:04	9:04	10:04	12:04	13:04
	Praha hl.n. (přij.)	6:40	7:40	8:40	9:40	10:40	11:40	12:40	14:40	15:40
Návrh	Č. Budějovice (odj.)	4:09	5:02	5:09	6:02	6:09	7:09	8:02	8:09	9:09
	Praha hl.n. (přij.)	6:39	7:10	7:39	8:10	8:39	9:39	10:10	10:39	11:39
Návrh	Č. Budějovice (odj.)	10:02	11:09	12:02	12:09	13:09	14:02	14:09	15:09	16:02
	Praha hl.n. (přij.)	12:10	13:39	14:10	14:39	15:39	16:10	16:39	17:39	18:10
Návrh	Č. Budějovice (odj.)	16:09	17:09	18:02	18:09	19:09	20:02	20:09		
	Praha hl.n. (přij.)	18:39	19:39	20:10	20:39	21:39	22:10	22:39		

V případě druhé zkoumané relace, Praha - České Budějovice a zpět, je rozsah nabídky v rámci nově zavedeného segmentu expresních vlaků shodný jako u návrhu provozní koncepce pro trať Praha - Plzeň, tj. 9 párů spojů denně, a rovněž interval obsluhy činí

⁷ Případné zkrácení intervalu expresní linky na 60 minut by bylo možné pouze za předpokladu vyřešení periodicky se opakujícího konfliktu s trasami rychlíkových spojů linky Praha - Zdice - České Budějovice (tato linka sice vzhledem k nízkému významu z hlediska množiny vybraných oblastí nebyla zahrnuta do dopravního modelu, nicméně její vliv je v rámci návrhu JŘ pochopitelně třeba zohlednit).

120 minut (s jedinou výjimkou v období ranní špičky). Při návrhu úprav JŘ bylo třeba zohlednit několik faktorů, a to jak pozitivních, tak negativních. Mezi pozitivní faktory lze zařadit zejména vliv stavebně-technických opatření realizovaných v rámci projektu modernizace železniční trati Votice - Benešov u Prahy, jež kromě zvýšení propustnosti zmíněného traťového úseku mimo jiné přispěla ke zkrácení celkové jízdní doby rychlíkových spojů oproti modelovanému výchozímu stavu roku 2011. Významným negativním faktorem je však existence celé řady vzájemných konfliktů mezi trasami expresních a rychlíkových spojů linky R7 (Praha - České Budějovice) a rychlíkových spojů linky R11 (Plzeň - České Budějovice - Brno) v traťovém úseku České Budějovice - Veselí nad Lužnicí. Aby bylo možné zachovat stávající rozsah provozu této tangenciální linky, bylo třeba jednak prodloužit interval nově zavedených expresních spojů z původně uvažované hodnoty 60 minut na výsledných 120 minut, a jednak provést mírné úpravy časových poloh všech spojů linky R11 a vybraných rychlíkových spojů linky R7⁸.

5.2 Výpočet očekávané dělby přepravní práce

V dalším kroku bylo zapotřebí převést údaje navrhovaného jízdního řádu do původního modelu nabídky veřejné dopravy vytvořeného v softwaru PTV VISUM, a pro takto upravený dopravní model následně provést všechny nezbytné výpočetní procedury definované v rámci třetí kapitoly této práce. Vzhledem k charakteru řešeného problému jsem se v tomto případě rozhodl sloučit všechny výše navrhované úpravy do jediného společného kroku, který tak bude pro účely vyhodnocení příležitostí železniční dopravy formálně představovat jedno ucelené opatření. Výsledek výpočtu cestovních dob veřejné dopravy a dělby přepravní práce je díky tomu možné zobrazit ve formě jednoho souhrnného souboru výstupních dat, jenž je předmětem příloh H a I a jenž je tvořen následujícími dílčími maticemi:

- matice změn cestovních dob veřejné dopravy oproti výchozímu stavu (tabulka H1)
- matice absolutních změn podílu veřejné dopravy oproti výchozímu stavu (tabulka I1)
- matice změn relativního podílu veřejné dopravy oproti výchozímu stavu (tabulka I2)

(Ve všech případech jsou pro větší přehlednost uvedeny pouze nenulové prvky.)

Prostřednictvím předběžné vizuální kontroly uvedených matic je v souladu se schématem rozhodovacího procesu na obrázku 3.1 nejprve nutné ověřit, zda v důsledku realizace úprav nabídky veřejné dopravy skutečně došlo k požadované změně hodnot

⁸ Pro spoje linky R11 byl navržen dřívější čas příjezdu do Českých Budějovic ze směru Jihlava (posun o 4 minuty) a pozdější čas odjezdu z Českých Budějovic ve směru Jihlava (posun o 5 minut), což bylo kompenzováno odpovídajícím zkrácením jízdních dob v úseku Jihlava - České Budějovice. V důsledku vzniklého konfliktu s linkou R11 v okolí uzlu Veselí nad Lužnicí došlo u části rychlíkových spojů linky R7 k prodloužení celkové jízdní doby ve směru Praha - České Budějovice o 5 minut.

nákladových funkcí LOGIT modelu (tj. cestovních dob) a ke zvýšení podílu veřejné dopravy v některé z relací. Jelikož v tomto případě byly obě podmínky splněny, lze nyní přistoupit k vlastnímu posouzení konkrétních přínosů navrhovaného provozního opatření a ke kvantifikaci příležitostí železniční dopravy.

5.3 Kvantifikace příležitostí železniční dopravy

V rámci celé sledované množiny relací bylo v důsledku realizace navrhovaného provozního opatření na železničních tratích 170, 171, 220 a 221 zaznamenáno buď zachování výchozích hodnot cestovních dob veřejné dopravy, nebo jejich zkrácení. Jak vyplývá z matice změn cestovních dob veřejné dopravy (příloha H, tabulka H1), ke zrychlení spojení veřejnou dopravou došlo nejen ve třech ze čtyř případů přímo dotčených relací (Praha - Plzeň, Plzeň - Praha a České Budějovice - Praha), ale rovněž na řadě dalších dálkových tras směřujících z, resp. do oblastí Plzeň a České Budějovice. Vlastní hodnoty úspory cestovní doby oproti výchozímu stavu se pohybují v rozmezí 1 až 61 minut, přičemž mezi relace s nejvýraznějším zrychlením veřejné dopravy patří konkrétně:

- Opava - České Budějovice a zpět (úspora 61, resp. 52 minut)
- České Budějovice - Pardubice a zpět (úspora 46, resp. 42 minut)
- všechny relace reprezentující spojení z oblastí ostravského aglomeračního regionu do oblastí Plzeň a České Budějovice (úspora 30 až 39 minut)
- Zlín-Otrokovice - Plzeň a zpět (úspora 32, resp. 30 minut)
- Olomouc - Plzeň (úspora 32 minut)
- Pardubice - Plzeň (úspora 30 minut)
- Olomouc - České Budějovice (úspora 30 minut)

Při srovnání s těmito hodnotami se výsledné zkrácení cestovní doby v přímo dotčených relacích Praha - Plzeň a zpět (úspora 7 minut), České Budějovice - Praha (úspora pouze 2 minuty) a Praha - České Budějovice (beze změny cestovní doby veřejné dopravy) jeví jako zanedbatelné, nicméně pro správné porozumění získaným výstupům je třeba pochopit kontext situace dálkové dopravy v těchto relacích. Na rozdíl od případů delších tras směřujících např. z východních Čech či severní Moravy lze totiž při cestě mezi Prahou a Plzní, resp. Prahou a Českými Budějovicemi využít přímé spoje veřejné linkové dopravy, jež z hlediska cestovní doby a frekvence obsluhy i po zavedení navrhované provozní koncepce expresních vlaků představují srovnatelnou či dokonce výhodnější alternativu k železničnímu spojení. Výraznějšího zvýšení atraktivity spojení veřejnou dopravou jako takového by bylo možné dosáhnout zřejmě až po zkrácení cestovních dob expresních vlaků pod úroveň odpovídající nejrychlejším autobusovým spojům v daných relacích.

Pro posouzení konkrétních přínosů navrhovaného opatření z hlediska rozložení přepravní poptávky je třeba analyzovat výsledné hodnoty dělby přepravní práce v jednotlivých relacích a provést srovnání výchozího a navrhovaného stavu, k čemuž využijí matice absolutních a relativních změn podílů veřejné dopravy (příloha I). Na základě této srovnávací analýzy lze uvést několik obecných poznatků:

- s ohledem na velikost celkových přepravních proudů v jednotlivých relacích je zřejmé, že u části relací, v nichž došlo k poměrně výrazné úspoře cestovní doby veřejné dopravy oproti výchozímu stavu, bohužel nebude možné identifikovat zásadnější posílení absolutního podílu veřejné dopravy, neboť se často jedná o relace okrajového významu s nízkou nebo nulovou poptávkou po přepravě dle SLDB 2011
- zaměříme-li se na celkový charakter změny dělby přepravní práce oproti výchozímu stavu, lze navrhované opatření považovat za přínosné, neboť v jeho důsledku došlo k zachování, případně k posílení podílů veřejné dopravy, tj. u žádné relace nebyla zaznamenána záporná změna (zhoršení pozice veřejné dopravy)
- hodnoty změn relativního podílu veřejné dopravy se pohybují v rozmezí 0 až +22,7 procentních bodů; hodnoty absolutních nenulových přírůstků ve veřejné dopravě leží v intervalu 1 až 95 přepravených osob (detailní srovnání výchozích a očekávaných podílů veřejné dopravy pro relace s nenulovým přírůstkem nabízí tabulka 5.5).

Tabulka 5.5: Přehled relací s navýšením absolutního podílu veřejné dopravy

Relace	Podíl veřejné dopravy (výchozí stav)		Podíl veřejné dopravy (stav po realizaci navrhovaného opatření)		Změna počtu přepravených osob ve veřejné dopravě
	Absolutní (v počtech osob)	Relativní (v %)	Absolutní (v počtech osob)	Relativní (v %)	
Praha - Plzeň	194	24,5	234	29,6	+40
Ostrava - Plzeň	5	16,4	11	39,1	+6
Havířov - Plzeň	1	6,7	3	19,0	+2
Hradec Králové - Plzeň	3	9,0	4	11,6	+1
Pardubice - Plzeň	5	18,9	12	41,5	+7
Ústí n. L. - Plzeň	4	4,5	9	10,4	+5
Plzeň - Praha	493	24,8	588	29,6	+95
Plzeň - Pardubice	4	22,7	6	32,9	+2
Plzeň - Ústí n. L.	1	6,7	2	11,4	+1
Pardubice - České Budějovice	1	5,5	4	21,2	+3
Ústí n. L. - České Budějovice	0	3,0	1	8,5	+1
Děčín - České Budějovice	0	3,5	1	8,8	+1
České Budějovice - Praha	253	23,0	268	24,4	+15
České Budějovice - Pardubice	1	5,9	4	25,1	+3
Součet	965		1 147		+182

V návaznosti na provedenou kvantifikaci potenciálního navýšení podílu veřejné dopravy je možné formulovat následující závěrečné hodnocení příležitostí navrhovaného provozního opatření v železniční dopravě:

S ohledem na přijaté teoretické předpoklady, způsob definice dopravního modelu a použitý soubor vstupních dat lze navrhované úpravy provozní koncepce dálkové železniční dopravy na tratích Praha - Plzeň a Praha - České Budějovice, spočívající zejména v zavedení celkem 18 párů dodatečných expresních vlakových spojů, jednoznačně označit za příležitost železniční dopravy. Konkrétní přínos tohoto opatření spočívá v navýšení podílu veřejné dopravy na celkovém počtu přepravených osob dojíždějících za zaměstnáním či do škol, a to celkem ve 14 mezioblastních relacích. Výchozí uvažovaná hodnota podílu veřejné dopravy před realizací navrhovaného opatření, jež byla získána s využitím výše formulovaného dopravního modelu a vstupních dat o dojížděci do zaměstnání a do škol dle SLDB 2011, činila 965 přepravených osob, zatímco výsledná (očekávaná) hodnota podílu veřejné dopravy po realizaci navrhovaného opatření, jež byla vypočtena pomocí upraveného dopravního modelu, činí 1147 přepravených osob. **Vzhledem k tomu, že celkový počet přepravených osob v síti je v rámci dopravního modelu uvažován jako konstantní (v duchu předpokladu *ceteris paribus*), lze tedy očekávat, že v důsledku realizace navrhovaného opatření v železniční dopravě by došlo k přesunu přepravní poptávky mezi individuální a veřejnou dopravou, přičemž hodnota přírůstku absolutního podílu veřejné dopravy by činila celkem 182 přepravených osob z řad obyvatel pravidelně dojíždějících do zaměstnání či do školy.**

Závěr

Hlavním cílem, jenž jsem si stanovil v rámci své diplomové práce, bylo navrhnout a následně ověřit způsob hodnocení příležitostí dálkové železniční dopravy na území České republiky. Vzhledem k existenci celé řady praktických omezení a překážek, týkajících se zejména kvality a dostupnosti potřebných vstupních dat o tuzemské přepravní poptávce, jsem byl nucen přijmout několik zjednodušujících teoretických předpokladů, na jejichž základě bylo možné pro zvolenou rozlišovací úroveň definovat dopravní model reprezentující situaci na reálném přepravním trhu. Vlastní konstrukce modelu byla realizována ve čtyřech základních krocích odpovídajících prvním čtyřem kapitolám této práce.

V první kapitole byla pro účely prostorového vymezení modelu definována výchozí množina územních celků, kterou tvoří 22 oblastí reprezentujících nejvýznamnější sídla ČR. Pro zvolené oblasti byla následně provedena podrobná analýza přepravní poptávky, jejímž nejdůležitějším výstupem jsou matice přepravních vztahů znázorňující počty osob dojíždějících do zaměstnání a do škol dle údajů ze Sčítání lidu, domů a bytů 2011.

V rámci druhé kapitoly jsem se zaměřil na tu část dopravního modelu, jež se týká fyzického propojení množiny oblastí a úrovně nabídky veřejné dopravy. V této fázi jsem se věnoval především tvorbě modelu vybrané dopravní sítě a konstrukci jízdních řádů linek veřejné dopravy, k čemuž jsem využil nástroje softwaru pro makroskopické dopravní modelování PTV VISUM.

Předmětem třetí kapitoly pak byla formulace teoretického postupu hodnocení příležitostí železniční dopravy, definice základních parametrů matematického modelu přepravní poptávky a návrh konkrétních výpočetních procedur pro stanovení hodnot klíčových veličin, tj. cestovních dob veřejné a individuální dopravy a dělby přepravní práce mezi veřejnou a individuální dopravou.

Ve čtvrté kapitole byl nejprve popsán vlastní praktický průběh výpočtu, jenž byl realizován v prostředí softwaru PTV VISUM, a následně byla provedena validace modelu a všeobecná analýza získaných výsledků. Důležitým výstupem této fáze jsou matice cestovních dob a dělby přepravní práce, jejichž prostřednictvím lze získat konkrétní představu o modelované výchozí situaci na poli dálkové dopravy v rámci množiny 22 vybraných oblastí.

Po úspěšném zakončení všech fází tvorby modelu pro hodnocení příležitostí železniční dopravy bylo v poslední části práce nutné demonstrovat též způsob jeho praktického použití. V páté kapitole jsem se proto zabýval návrhem konkrétních provozně-organizačních opatření v železniční dopravě, při němž jsem do značné míry vycházel z poznatků získaných již při tvorbě své bakalářské práce. Na základě navržených úprav, jež se konkrétně týkaly provozní

koncepte dálkové železniční dopravy na tratích Praha - Plzeň a Praha - České Budějovice, bylo možné upravit původní podobu dopravního modelu, provést nový výpočet dělby přepravní práce a prostřednictvím srovnání získaných výsledků s výchozím stavem kvantifikovat dopady navrhovaných opatření na dělbu přepravní práce v jednotlivých relacích.

Ze shromážděných poznatků vyplývá, že případné navrhované posílení nabídky rychlého železničního spojení na tratích Praha - Plzeň a Praha - České Budějovice by s velkou pravděpodobností znamenalo zvýšení atraktivity veřejné dopravy hned v několika dálkových relacích, a v souladu s předpoklady přijatými v rámci této diplomové práce jde tedy bezesporu o příležitost železniční dopravy. Na základě kvantitativních výsledků, jež byly získány s využitím dopravního modelu zkonstruovaného pro účely této diplomové práce, lze přitom konkrétně říci, že v důsledku realizace navrhovaných opatření v železniční dopravě by potenciálně došlo k přesunu celkem 182 pravidelně dojíždějících osob z dopravních prostředků IAD do prostředků veřejné dopravy. Je zřejmé, že po vyřešení konkrétních provozně-technologických problémů spojených s navrhovanou podobou provozní koncepce dálkové železniční dopravy na tratích Praha - Plzeň a Praha - České Budějovice (zejména pak po odstranění vzájemných konfliktů mezi trasami vlaků expresního a rychlíkového segmentu), by bylo teoreticky možné provést ještě rozsáhlejší změny struktury nabídky železničního spojení (např. zkrácení intervalu expresních vlakových spojů ze 120 na 60 minut), a případně tak dosáhnout dalšího navýšení výsledného podílu veřejné dopravy.

V návaznosti na uvedené konkrétní číselné hodnoty je nicméně nutné poznamenat, že navržený model hodnocení příležitostí dálkové železniční dopravy zohledňuje pouze specifickou situaci v rámci pravidelné dojížděky za zaměstnáním a do škol zachycenou během posledního Sčítání lidu, domů a bytů v roce 2011, která pochopitelně představuje pouhý zlomek skutečných celkových přepravních proudů realizujících se na území České republiky. Z tohoto důvodu tedy uvedený výsledek v žádném případě nelze chápat jako vyčerpávající zhodnocení absolutního přepravního potenciálu veřejné dopravy, ale spíše jako vyčíslení dopadů navrženého konkrétního opatření na dělbu přepravní práce uvnitř uzavřené a jasně definované podmnožiny přepravních proudů.

V samotném závěru bych ještě rád připomněl a zdůraznil, že postupy navržené a použité v rámci této diplomové práce jsou založeny na metodách a principech makroskopického dopravního modelování, a jako takové tedy nemohou zaručit zcela spolehlivý a objektivní popis zkoumaného reálného systému. Vzhledem k řadě záměrných zjednodušení a abstrakcí, na něž bylo z nejrůznějších důvodů nutné přistoupit během vlastní konstrukce dopravního modelu, by hodnota (a případný přínos) této práce dle mého názoru neměla být posuzována čistě podle míry přesnosti konkrétních kvantitativních výsledků, ale spíše

s ohledem na obecné zásady a myšlenky zastřešující celý proces řešení zadaného problému.

Navzdory dílčím nedostatkům mnou navrženého modelu (jež by bylo pravděpodobně možné zmírnit či zcela odstranit např. použitím přesnějších a podrobnějších vstupních dat, úpravou vlastností a parametrů poptávkového modelu, doplněním dalších veličin do nákladových funkcí apod.) jsem přesvědčen o tom, že zvolený obecný přístup ke zkoumané problematice je v zásadě správný a smysluplný. Osobně se totiž domnívám, že jakékoli opatření směřující ke zlepšení postavení veřejné dopravy vyžaduje (kromě nezbytného hodnocení v duchu ekonomických měřítek) též širší dopravně-strategické posouzení, jehož cílem by mělo být nikoli uplatňování metody pokus-omyl, ale spíše snaha o systematický přístup zahrnující analýzu současného stavu, pochopení vnitřních a vnějších zákonitostí dopravního systému a vyhodnocení z nich plynoucích příležitostí pro budoucnost - tedy přístup, jenž je mimo jiné charakteristický právě pro disciplíny jako dopravní modelování či strategické dopravní plánování.

Seznam použitých zdrojů

- [1] BUZÁK, Jan. *Prověření dvousegmentové obsluhy vybraných relací dálkovou železniční dopravou*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav logistiky a managementu dopravy, 2013.
- [2] PERNICA, Petr, et al. *Doprava a zasílatelství*. Praha: ASPI Publishing, 2001. ISBN 80-86395-13-8.
- [3] *Bílá kniha: Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného dopravního systému účinně využívajícího zdroje*. [Online] Brusel: Evropská Komise, 2011. [Cit. 2015-05-27.] <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:CS:PDF>>.
- [4] ORTÚZAR, Juan de Dios; WILLUMSEN, Luis G. *Modelling Transport*. 4th Edition. Chichester: Wiley, 2011. ISBN 978-0-470-76039-0.
- [5] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. *Politika územního rozvoje ČR ve znění Aktualizace č. 1 (srovnávací text)*. [Online] 2014. [Cit. 2015-05-27.] <<http://www.uur.cz/images/1-uzemni-planovani-a-stavebni-rad/politika-uzemniho-rozvoje-aktualizace-1-2015/jednani-vlady-V-Srovnavaci-text.pdf>>.
- [6] Ministerstvo dopravy ČR. *Plán dopravní obsluhy území vlaky celostátní dopravy: zásady objednávky dálkové dopravy pro období 2012-2016*. [Online] 2011. [Cit. 2015-05-27.] <<http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/90D75F36-3966-4555-8115-F19BE04DED54/0/MaterialProPMDPlanDopravniObsluhyUzemi.pdf>>.
- [7] OUŘEDNÍČEK, Martin; ŠPAČKOVÁ, Petra. *Populační vývoj v zázemí českých měst jako důsledek procesu suburbanizace. Analytické texty k souboru specializovaných map*. [Online] Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 2013. [Cit. 2015-05-27.] <http://www.atlasobyvatelstva.cz/sites/default/files/_UPLOAD/tacr/Analyticke_texty_TACR_2013.pdf>.
- [8] *Soubor specializovaných map - Rezidenční suburbanizace*. Atlas obyvatelstva. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<http://www.atlasobyvatelstva.cz/cs/suburbanizace>>.
- [9] KÖRNER, Milan. *Metropolitní regiony a významné aglomerace ve střední Evropě po roce 1990*. [Online]. Urbanismus a územní rozvoj. 2010, č. 5, s. 17-30. ISSN 1212-0855. [Cit. 2015-05-27.] <http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/casopis/2010/2010-05/04_metropolitni.pdf>.
- [10] HRUŠKA-TVRDÝ, Lubor, et al. *Studie sídelní struktury Moravskoslezského kraje*. [Online] PROCES – Centrum pro rozvoj obcí a regionů, 2012. [Cit. 2015-05-27.] <https://verejna-sprava.kr-moravskoslezsky.cz/zip/upl_0_Studie_sidelni_struktury_MSK.pdf>.
- [11] Krajský úřad Ústeckého kraje. *Plán dopravní obslužnosti Ústeckého kraje*. [Online] 2011. [Cit. 2015-05-27.] <http://www.kr-ustecky.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=450018&id_dokumenty=1664178>.
- [12] Veřejná databáze ČSÚ. *Struktura výměry pozemků*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislotab=MOS%20B01>>.

- [13] Český statistický úřad. *Základní informace o vybraných územních celcích podle SLDB 2011*. Web ČSÚ. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/zakladni-informace-o-vybranych-uzemnich-celcich-podle-sldb-2011-cr-kraje-okresy-spravni-obvody-orp-a-obce-vcetne-mestskych-casti-uzemne-clenonych-statutarnich-mest-2011-dml5agynjw>>.
- [14] Ministerstvo dopravy ČR. *Dopravní sektorové strategie 2. fáze. Souhrnný dokument*. [Online] 2013. [Cit. 2015-05-27.] <http://www.dopravnistrategie.cz/images/projekt/ke-stazeni/DSS2_SouhrnnyDokument.pdf>.
- [15] Veřejná databáze ČSÚ. *Výsledky SLDB 2011 - Tab. 115 Vyjíždějící do zaměstnání a škol v obci*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<http://vdb.czso.cz/sldbvo/#!stranka=podle-tematu&tu=30782&th=&v=&vo=null&vseuzemi=null&void=>>>.
- [16] Ministerstvo vnitra ČR. *Centrální registr vozidel - stav k 1. 1. 2011*. Web Ministerstva vnitra ČR. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<http://www.mvcr.cz/clanek/centralni-registr-vozidel-stav-k-1-1-2011.aspx?q=Y2hudW09Mw%3d%3d>>.
- [17] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Jihomoravský kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-jihomoravsky-kraj-2011-4kyjw374sl>>.
- [18] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Jihočeský kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-jihocesky-kraj-2011-5266xrja0u>>.
- [19] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Karlovarský kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-karlovarsky-kraj-2011-h9upojpxlw>>.
- [20] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Kraj Vysočina*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-kraj-vysocina-2011-1oc7ew07nl>>.
- [21] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Královéhradecký kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-kralovehradecky-kraj-2011-hhqpp1j9xa>>.
- [22] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Liberecký kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-liberecky-kraj-2011-5k4nd16el9>>.
- [23] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Moravskoslezský kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-moravskoslezsky-kraj-2011-yz87ugqp38>>.

- [24] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Olomoucký kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-olomoucky-kraj-2011-hlh7iwryyt>>.
- [25] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Pardubický kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-pardubicky-kraj-2011-495rsnt4k4>>.
- [26] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Plzeňský kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-plzensky-kraj-2011-ihaooolobt>>.
- [27] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Středočeský kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-stredocesky-kraj-2011-e768zmq5cj>>.
- [28] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Zlínský kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-zlinsky-kraj-2011-6jusbcl0v7>>.
- [29] Český statistický úřad. *Dojíždka do zaměstnání a škol podle Sčítání lidu, domů a bytů 2011 - Ústecký kraj*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<https://www.czso.cz/csu/czso/dojizdka-do-zamestnani-a-skol-podle-scitani-lidu-domu-a-bytu-2011-ustecky-kraj-2011-b9vyzff32a>>.
- [30] Ministerstvo dopravy ČR. *Ročenka dopravy ČR 2011*. [Online] 2011. [Cit. 2015-05-27.] <https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2011.pdf>.
- [31] *Rozhodnutí Ministerstva dopravy ČR ve věci žádosti o informaci č. j.: 66/2014-072-Z106/5 ze dne 10.3.2014*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/EBOC01EB-DA9F-4C79-9D69-4D369D19D66F/0/66z.pdf>>.
- [32] *Plánovač tras Mapy.cz*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<http://mapy.cz/>>.
- [33] *Internetový jízdní řád IDOS*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<http://jizdnirady.idnes.cz/>>.
- [34] *Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změně některých zákonů (zákon o silničním provozu)*.
- [35] Správa železniční dopravní cesty, s. o. *Železniční jízdní řád 2011*. Praha: SŽDC, 2010.
- [36] *Jízdní řády veřejné linkové osobní dopravy*. Celostátní informační systém o jízdních řádech. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<http://portal.idos.cz/Search.aspx?c=7&mi=2>>.
- [37] BULÍČEK, Josef, et al. *Modelování technologických procesů v dopravě*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011. ISBN 978-80-7395-442-0.
- [38] *Mobilität in Deutschland 2008*. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/02_MiD2008/publikationen.htm>.

- [39] *Mobilität in der Schweiz: Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010*. [Online] 2012. [Cit. 2015-05-27.] <<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/news/publikationen.Document.155067.pdf>. ISBN 978-3-303-11254-0>.
- [40] *PTV Visum Testversion - PTV Visum Vollversion für wissenschaftliche Arbeiten*. Web PTV Group. [Online] [Cit. 2015-05-27.] <<http://vision-traffic.ptvgroup.com/de/produkte/ptv-visum/testversion/>>.
- [41] VONKA, Jaroslav; MOLKOVÁ, Tatiana; ŠIROKÝ, Jaromír. *Technologie a řízení dopravy II. - GVD*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2000. ISBN 80-719-4286-3.
- [42] HENSHER, David A.; BUTTON, Kenneth J. *Handbook of Transport Modelling*. Oxford: Elsevier, 2000. ISBN: 0-08-043594-7.
- [43] CHMELÍK, Jakub; KVĚTOŇ, Viktor; MARADA, Miroslav. *Evaluation of competitiveness of rail transport on example of connection among regional capitals in Czechia*. [Online] Review of Economic Perspectives. Volume 10, Issue 1, Pages 5–20. [Cit. 2015-05-27.] <https://is.muni.cz/do/econ/soubory/aktivita/obzor/6182612/12878341/Evaluation_of_competitiveness_of_rail_transport_on_example_of_connection_among_regional_capitals_in_Czechia.pdf>.
- [44] SANTOS, Georgina; MAOH, Hanna; POTOGLU, Dimitris; BRUNN, Thomas von. *Factors influencing modal split of commuting journeys in medium-size European cities*. [Online] Journal of Transport Geography, Volume 30, June 2013, Pages 127-137. [Cit. 2015-05-27.] <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692313000690>>.
- [45] SALONEN, Maria; TOIVONEN, Tuuli. *Modelling travel time in urban networks: comparable measures for private car and public transport*. [Online] Journal of Transport Geography, Volume 31, July 2013, Pages 143-153. [Cit. 2015-05-27.] <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096669231300121X>>.
- [46] WEIDMANN, Ulrich. *System- und Netzplanung, Band 1.1: Grundlagen der System- und Netzplanung. System- und Netzplanung des Personenverkehrs*. Zürich: ETH Zürich, 2008.
- [47] WEIDMANN, Ulrich. *System- und Netzplanung, Band 1.2: Angebotskonzepte des Personenverkehrs*. Zürich: ETH Zürich, 2008.
- [48] *Merkblatt zum Integralen Taktfahrplan*. Berlin: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2000.
- [49] VUCHIC, Vukan R. *Urban Transit Systems and Technology*. Hoboken: Wiley, 2007. ISBN: 978-0471758235.
- [50] *PTV VISUM 14 Manual*. [Online] Karlsruhe: PTV AG, 2014.

Přílohy

Příloha A: Matice přepravních vztahů

(zdroj dat: SLDB 2011)

A1. Zaměstnané osoby vyjíždějící do zaměstnání	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary
Praha		510	78		17	4		332	137	111	262	147	35	46	21	31	146	54	27	107	58	49
Kladno	6 041							5	1		21	6					5			4		
Ostrava	666			320	432	295	507	176	10	17	10							93	18	9	8	
Havířov	212		5 396		24	1 196	209	56	3		7							21	3	6		
Opava	161		754			4	19	54		5								27	6			
Karviná	161		1 193	265	9			29	2									10	1			
Frydek-Místek	144		2 102	37	12	35		43	2									21	6			
Brno	1 089		65		17	3			24	24	24	7						128	55	25	62	
Hradec Králové	695	3	8					47		863	5	5					10	11	3	6	2	
Pardubice	816		4					53	932		9	3					10	11		6	8	
Plzeň	1 311	14						21	9	6		7						4		21		29
Ústí nad Labem	846	8	2					15	2	3	8		28	342	278	14	9	2		5		
Most	596	15						13	3	2	25	170		176	5	266	6					6
Teplice	402							7			6	850	117		37	18	4			4		
Děčín	359							5	4	2		861	3	39			8			2		
Chomutov-Jirkov	568	11						6			29	103	740	59			6	4		1		12
Liberec	767	1						20	9	8	7	12			9			2	1			
Olomouc	423		90		14	2		305	19	13									26		4	
Zlín-Otrokovice	324		23		4	3		186	6	3	4						7	73				
České Budějovice	472							34	5	6	25							2			8	
Jihlava	278							112	6	2	6	1					3	9	1	14		
Karlovy Vary	254							8			65	7				9				5		

A2. Žáci a studenti vyjíždějící do školy	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary	
Praha		222	47		13	9		478	224	130	529	197	1	8	10	5	171	168	44	116	25	4	
Kladno	952							24	11		29	20					5				7		
Ostrava	414			88	347	200	102	737	39	32	18							373	55	6	2		
Havířov	116		922		60	200	74	247	16		7							123	10	5			
Opava	127		405			26	2	274		12								170	23				
Karviná	54		337	139	23			133	11									74	10				
Frydek-Místek	95		635	20	42	47		245	12									97	15				
Brno	344		45		12	9			28	27	14	5						186	74	14	38		
Hradec Králové	555	8	12					306		427	30	11					58	112	7	6	9		
Pardubice	443		10					230	463		20	19					27	67		13	14		
Plzeň	676	4						70	19	13		9						16		65		13	
Ústí nad Labem	400	5	10					58	35	13	79		13	73	107	2	47	20		11			
Most	358	7						30	7	10	106	233		58	15	69	25						4
Teplice	238							29			24	407	25		19	6	20				9		
Děčín	228							30	18	15		381	12	25			49	10		8			
Chomutov-Jirkov	306	5						14			133	188	242	24			19	11		12		13	
Liberec	633	10						88	90	29	36	57			4			23	9				
Olomouc	277		177		25	15		476	28	26									92			7	
Zlín-Otrokovice	256		110		18	12		603	14	13	6						3	242					
České Budějovice	627							161	17	7	168							21			6		
Jihlava	282							301	23	31	23	13					8	45	11	57			
Karlovy Vary	394							28	11		164	45				1				17			

A3. Vyjíždějící osoby celkem	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary
Praha		732	125		30	13		810	361	241	791	344	36	54	31	36	317	222	71	223	83	53
Kladno	6 993							29	12		50	26					10			11		
Ostrava	1 080			408	779	495	609	913	49	49	28							466	73	15	10	
Havířov	328		6 318		84	1 396	283	303	19		14							144	13	11		
Opava	288		1 159			30	21	328		17								197	29			
Karviná	215		1 530	404	32			162	13									84	11			
Frydek-Místek	239		2 737	57	54	82		288	14									118	21			
Brno	1 433		110		29	12			52	51	38	12						314	129	39	100	
Hradec Králové	1 250	11	20					353		1 290	35	16					68	123	10	12	11	
Pardubice	1 259		14					283	1 395		29	22					37	78		19	22	
Plzeň	1 987	18						91	28	19		16						20		86		42
Ústí nad Labem	1 246	13	12					73	37	16	87		41	415	385	16	56	22		16		
Most	954	22						43	10	12	131	403		234	20	335	31					10
Teplice	640							36			30	1 257	142		56	24	24			13		
Děčín	587							35	22	17		1 242	15	64			57	10		10		
Chomutov-Jirkov	874	16						20			162	291	982	83			25	15		13		25
Liberec	1 400	11						108	99	37	43	69			13			25	10			
Olomouc	700		267		39	17		781	47	39									118			11
Zlín-Otrokovice	580		133		22	15		789	20	16	10						10	315				
České Budějovice	1 099							195	22	13	193							23			14	
Jihlava	560							413	29	33	29	14					11	54	12	71		
Karlovy Vary	648							36	11		229	52				10				22		

Příloha B: Průměrné cestovní doby uvnitř oblastí

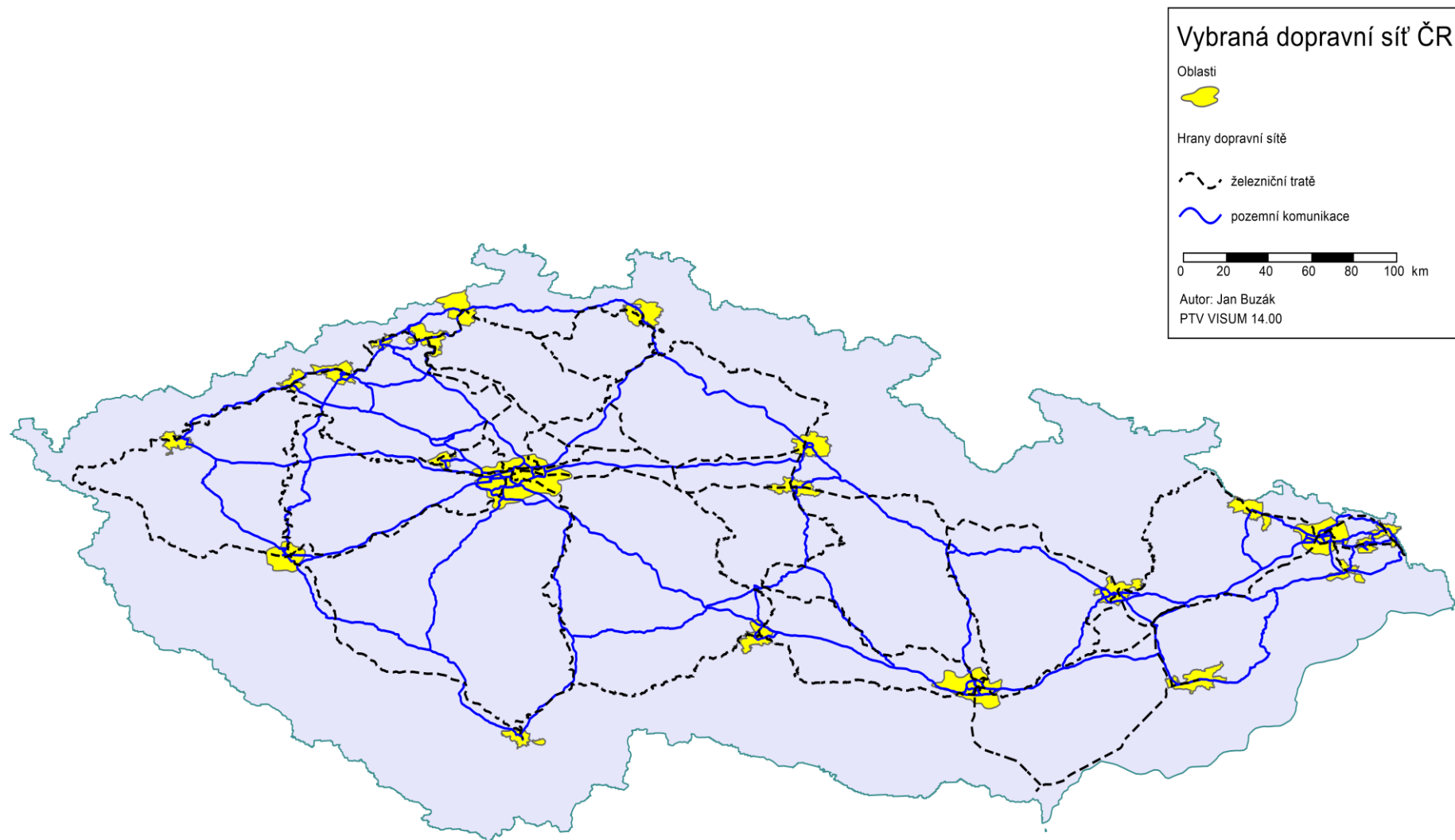
Oblast	Poloměr teoretické kruhové plochy R [km]	Průměrná teoretická vzdálenost do středu $L_{prům}$ [km/km ²]	Přístupový vrchol (střed teoretické kruhové plochy)	Průměrná cestovní rychlost $v_{prům}$ [km/h]	Průměrná cestovní doba při cestě z/do příst. vrcholu $t_{prům}$ [min]
Praha	12,6	8,4	křiž. Žitná x Leger. x Ječná	35	14,4
	12,6	8,4	žst. Praha hl.n. / Mas.n.	25	20,1
	12,6	8,4	ÚAN Florenc	25	20,1
Kladno	3,4	2,3	křiž. Kročehl. x Unhošťská	30	4,6
	3,4	2,3	žst. Kladno	20	6,9
	3,4	2,3	AN Kladno	20	6,9
Ostrava	8,3	5,5	křiž. Plzeňská x 28. října	35	9,4
	8,3	5,5	žst. Ostrava hl.n.	20	16,5
	8,3	5,5	žst. Ostrava-Svinov	25	13,2
	8,3	5,5	ÚAN Ostrava	25	13,2
Havířov	3,2	2,1	křiž. Dělnická x Hlavní tř.	30	4,3
	3,2	2,1	žst. Havířov	25	5,1
	3,2	2,1	AN Havířov, Podlesí	20	6,4
Opava	5,4	3,6	křiž. Nádr. okruh x Janská	30	7,2
	5,4	3,6	žst. Opava východ	20	10,7
	5,4	3,6	z. Opava, Východní nádr.	20	10,7
Karviná	4,3	2,9	křiž. Rudé Arm. x 17. list.	30	5,7
	4,3	2,9	žst. Karviná hl.n.	25	6,8
	4,3	2,9	AN Karviná, Fryštát	25	6,8
Frýdek-Místek	4,1	2,7	křiž. Hlavní tř. x T. G. M.	30	5,4
	4,1	2,7	žst. Frýdek-Místek	25	6,5
	4,1	2,7	AN Frýdek-Místek	20	8,1
Brno	8,6	5,7	křiž. Úzká x Dornych	35	9,8
	8,6	5,7	žst. Brno hl.n.	20	17,1
	8,6	5,7	ÚAN Zvonařka	20	17,1
Hradec Králové	5,8	3,9	křiž. Střelecká x Gočárova	30	7,7
	5,8	3,9	žst. Hradec Králové hl.n.	20	11,6
	5,8	3,9	Hr. Králové, Terminál HD	20	11,6
Pardubice	5,1	3,4	křiž. Hlaváčova x Palack.	35	5,9
	5,1	3,4	žst. Pardubice hl.n.	25	8,2
	5,1	3,4	AN Pardubice	25	8,2
Plzeň	5,1	3,4	křiž. Přemysl. x s. Pětatř.	30	6,8
	5,1	3,4	žst. Plzeň hl.n.	20	10,3
	5,1	3,4	CAN Plzeň	20	10,3

(pokračování na další stránce)

Oblast	Poloměr teoretické kruhové plochy R [km]	Průměrná teoretická vzdálenost do středu $L_{prům}$ [km/km ²]	Přístupový vrchol (střed teoretické kruhové plochy)	Průměrná cestovní rychlost $v_{prům}$ [km/h]	Průměrná cestovní doba při cestě z/do příst. vrcholu $t_{prům}$ [min]
Ústí nad Labem	5,5	3,6	křiž. Přístavní x Předm.	30	7,3
	5,5	3,6	žst. Ústí n. L. hl.n.	20	10,9
	5,5	3,6	žst. Ústí n. L. západ	20	10,9
	5,5	3,6	z. Ústí n. L., Divadlo	20	10,9
Most	5,3	3,5	křiž. J.Průchý x Budovat.	25	8,4
	5,3	3,5	žst. Most	25	8,4
	5,3	3,5	AN Most	25	8,4
Teplice	2,8	1,8	křiž. Hřbitovní x I/8	30	3,7
	2,8	1,8	žst. Teplice v Čechách	15	7,3
	2,8	1,8	AN Teplice	15	7,3
Děčín	6,1	4,1	křiž. Litoměřická x I/13	35	7,0
	6,1	4,1	žst. Děčín hl.n.	20	12,2
	6,1	4,1	AN Děčín	20	12,2
Chomutov- Jirkov	3,8	2,6	křiž. Lipská x I/13	35	4,4
	3,8	2,6	žst. Chomutov město	20	7,7
	3,8	2,6	AN Chomutov	20	7,7
Liberec	5,8	3,9	křiž. Jungmannova x I/35	35	6,6
	5,8	3,9	žst. Liberec	20	11,6
	5,8	3,9	AN Liberec	20	11,6
Olomouc	5,7	3,8	křiž. 17. list. x Kosmon.	30	7,6
	5,7	3,8	žst. Olomouc hl.n.	20	11,5
	5,7	3,8	AN Olomouc	20	11,5
Zlín- Otrokovice	6,2	4,2	křiž. Masarykova x 3. kv.	35	7,1
	6,2	4,2	žst. Zlín střed	25	10,0
	6,2	4,2	žst. Otrokovice	25	10,0
	6,2	4,2	AN Zlín	25	10,0
České Budějovice	4,2	2,8	křiž. Nádražní x Rudolf.	30	5,6
	4,2	2,8	žst. České Budějovice	20	8,4
	4,2	2,8	AN České Budějovice	20	8,4
Jihlava	5,3	3,5	křiž. Žižkova x Hradební	25	8,5
	5,3	3,5	žst. Jihlava hl.n.	25	8,5
	5,3	3,5	AN Jihlava	20	10,6
Karlovy Vary	4,3	2,9	křiž. Sokol. x Pobřežní	35	5,0
	4,3	2,9	žst. Karlovy Vary	20	8,7
	4,3	2,9	Karlovy Vary, Terminál	20	8,7

(zdroj: vlastní zpracování)

Příloha C: Grafické znázornění modelu dopravní sítě ČR



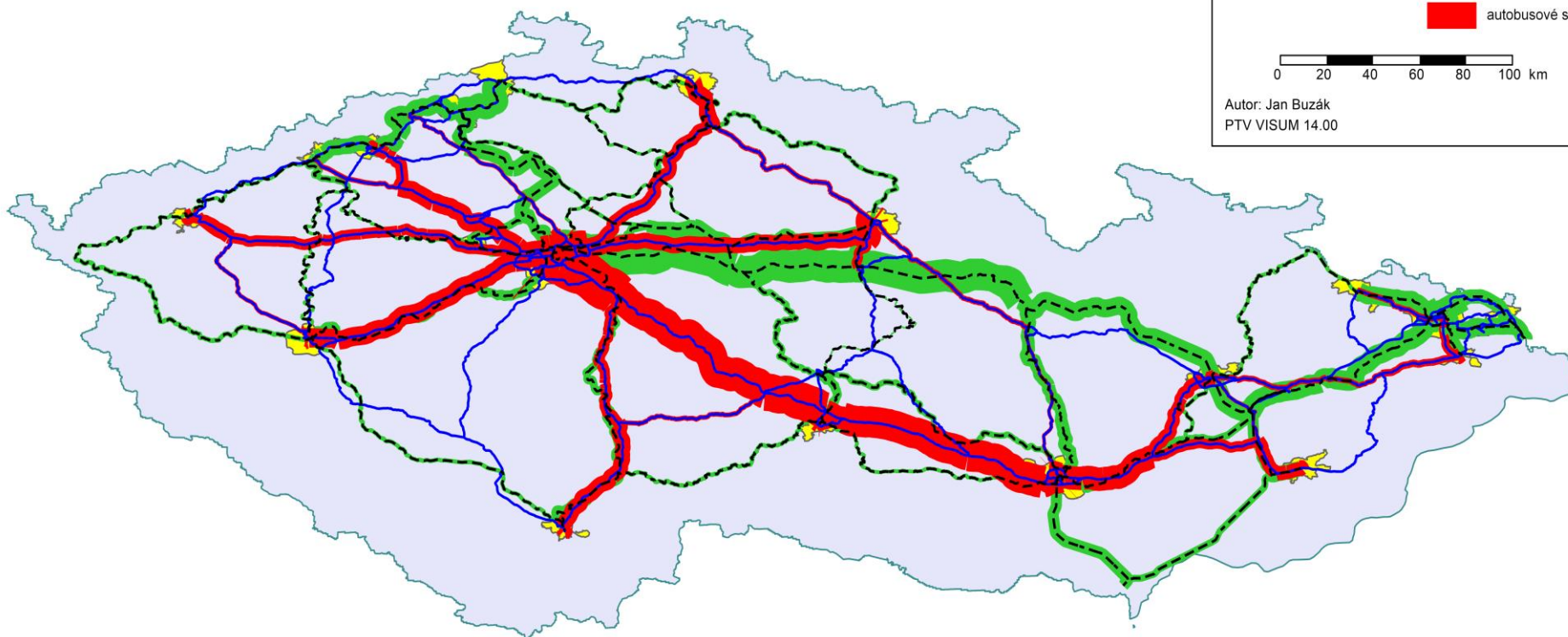
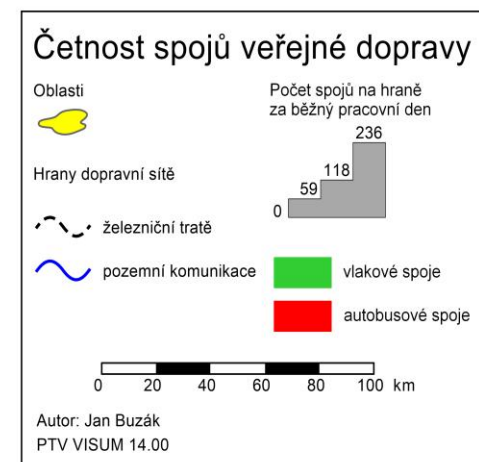
Příloha D: Přehled nadefinovaných linek veřejné dopravy

D1. Dálkové a nadregionální linky pravidelné osobní železniční dopravy	
Linka	Trasa linky v rámci modelu
Ex1	Praha - Pardubice - Olomouc - Ostrava - Karviná/Havířov - Český Těšín
Ex2	Praha - Pardubice - Olomouc (- Otrokovice - Zlín)
Ex3	Děčín - Ústí n. L. - Praha - Pardubice - Brno - Břeclav
Ex4	Břeclav - Otrokovice - Ostrava - Bohumín
R5	Praha - Kralupy n. V. - Ústí n. L. - Teplice - Most - Chomutov - Karlovy Vary - Cheb
R6	Praha - Plzeň (- Cheb)
R7	Praha - České Budějovice
R8	Brno - Přerov - Ostrava – Bohumín
R9	Praha - Kolín - Havlíčkův Brod - Brno/Jihlava
R10	Praha - Nymburk - Hradec Králové
R11	Brno - Jihlava - České Budějovice - Plzeň
R12	Brno - Olomouc
R13	Brno - Břeclav - Otrokovice - Přerov - Olomouc
R14	Pardubice - Hradec Králové - Turnov - Liberec
R15	Ústí nad Labem - Děčín - Česká Lípa - Liberec
R16	Plzeň - Chomutov - Most
R17	Pardubice - Havlíčkův Brod - Jihlava
R18	Praha - Kolín - Pardubice - Česká Třebová - Olomouc (- Přerov - Otrokovice)
R19	Praha - Kolín - Pardubice - Česká Třebová - Brno
R20	Praha - Kralupy n. V. - Ústí n. L. - Děčín
R21	Praha - Všetaty - Mladá Boleslav - Turnov
R22	Kolín - Nymburk - Mladá Boleslav - Česká Lípa
R23	Kolín - Nymburk - Všetaty - Ústí n. L.
R24	Praha - Kladno - Lužná u Rakovníka
R25	Lužná u Rakovníka - Chomutov
R27	Ostrava - Opava - Olomouc

D2. Regionální linky pravidelné osobní železniční dopravy	
Linka	Trasa linky v rámci modelu
Os1	Opava - Ostrava - Havířov - Český Těšín
Os2	Ostrava - Frýdek-Místek
Os3	Ostrava - Bohumín - Karviná - Český Těšín
Os4	Otrokovice - Zlín
Os5	Pardubice - Hradec Králové
Os6	Kralupy n. V. - Kladno
Os7	Děčín - Ústí n. L. - Teplice - Most - Chomutov
Os8	Havlíčkův Brod - Jihlava

D3. Dálkové linky veřejné linkové osobní dopravy	
Linka	Trasa linky v rámci modelu
Bus1	Praha - Brno
Bus2	Praha - Brno - Olomouc
Bus3	Praha - Brno - Zlín
Bus4	Praha - České Budějovice
Bus5	Praha - Chomutov
Bus6	Praha - Hradec Králové
Bus7	Praha - Hradec Králové - Olomouc
Bus8	Praha - Hradec Králové - Opava - Ostrava
Bus9	Praha - Jihlava
Bus10	Praha - Jihlava - Brno
Bus11	Praha - Karlovy Vary
Bus12	Praha - Liberec
Bus13	Praha - Most
Bus14	Praha - Most - Chomutov
Bus15	Praha - Plzeň
Bus16	Praha - Teplice
Bus17	Brno - České Budějovice
Bus18	Brno - Hradec Králové
Bus19	Brno - Hradec Králové - Liberec
Bus20	Brno - Jihlava
Bus21	Brno - Jihlava - České Budějovice
Bus22	Brno - Olomouc
Bus23	Brno - Olomouc - Frýdek-Místek - Havířov - Karviná
Bus24	Brno - Olomouc - Frýdek-Místek - Ostrava
Bus25	Brno - Pardubice - Hradec Králové
Bus26	Brno - Praha - Kladno
Bus27	Brno - Praha - Plzeň
Bus28	Brno - Zlín
Bus29	Olomouc - Zlín
Bus30	Ostrava - Frýdek-Místek
Bus31	Ostrava - Frýdek-Místek - Zlín
Bus32	Ostrava - Opava
Bus33	Ostrava - Zlín
Bus34	Havířov - Frýdek-Místek
Bus35	Hradec Králové - Děčín - Ústí n. L.
Bus36	Hradec Králové - Pardubice
Bus37	Hradec Králové - Pardubice - České Budějovice
Bus38	Hradec Králové - Pardubice - Jihlava
Bus39	Liberec - Děčín - Ústí n. L.
Bus40	Liberec - Hradec Králové - Olomouc - Zlín
Bus41	Liberec - Hradec Králové - Pardubice
Bus42	Liberec - Pardubice - Olomouc
Bus43	Plzeň - Karlovy Vary

Příloha E: Grafické znázornění četnosti spojů v modelu veřejné dopravy



Příloha F: Cestovní doby veřejné dopravy a IAD (výchozí stav)

F1. Cestovní doby veřejné dopravy $t_{VD,ij}$ [min]	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary
Praha		66	209	232	278	252	274	177	108	81	110	102	109	107	122	132	127	158	228	154	125	162
Kladno	64		254	277	323	297	318	225	152	126	152	122	150	150	142	140	168	202	277	206	187	200
Ostrava	209	255		43	44	49	45	153	177	139	307	291	306	305	311	320	294	70	82	361	244	351
Havířov	242	288	43		77	53	39	178	221	172	340	324	349	337	344	353	357	103	133	399	276	384
Opava	241	287	45	75		93	105	187	219	171	339	323	347	336	343	351	355	101	117	423	274	382
Karviná	250	296	48	53	83		72	180	228	180	348	332	356	345	352	366	364	116	141	406	283	392
Frydek-Místek	252	297	41	39	105	80		175	230	182	350	333	358	362	354	362	366	95	142	412	274	393
Brno	186	219	166	187	209	200	170		151	113	257	275	266	264	295	290	283	94	117	231	98	336
Hradec Králové	122	164	174	204	231	216	238	143		39	202	203	200	194	210	229	120	122	174	250	172	255
Pardubice	85	131	143	166	200	186	208	114	42		181	164	180	183	184	196	163	92	148	248	138	227
Plzeň	110	163	302	326	371	345	367	267	202	175		199	182	193	220	162	202	251	325	135	206	114
Ústí nad Labem	106	129	292	311	360	335	356	277	190	163	210		63	34	40	80	150	240	315	271	209	139
Most	111	176	331	355	375	372	395	271	195	179	188	64		42	90	33	215	279	323	257	214	91
Teplice	97	148	285	308	353	327	349	249	183	157	178	36	42		70	58	188	233	305	246	193	117
Děčín	126	175	310	333	379	353	375	297	209	183	229	37	87	65		105	121	259	333	290	244	164
Chomutov-Jirkov	132	141	360	391	389	397	409	290	229	204	168	83	33	60	109		229	294	338	266	238	73
Liberec	132	179	304	325	372	346	368	284	138	163	217	146	204	175	114	220		252	327	255	222	258
Olomouc	161	206	73	95	111	118	100	84	128	91	259	242	257	256	263	271	245		58	312	162	302
Zlín-Otrokovice	221	270	85	121	122	140	131	115	189	146	326	310	317	323	330	332	308	58		368	226	370
České Budějovice	159	216	387	409	455	429	432	231	255	246	136	241	277	271	262	261	255	335	353		160	256
Jihlava	126	157	236	282	277	270	244	88	170	140	206	214	214	213	234	231	222	167	203	161		259
Karlovy Vary	164	204	361	382	429	404	425	326	260	234	117	142	92	119	168	73	275	309	384	256	264	

F2. Cestovní doby IAD $t_{IAD,ij}$ [min]	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary
Praha		44	223	229	231	241	227	135	94	97	80	81	91	77	104	94	89	176	178	126	95	116
Kladno	44		232	237	240	250	236	144	108	110	70	81	74	77	104	73	102	184	186	134	104	93
Ostrava	223	232		30	46	42	32	112	180	177	264	274	283	270	297	282	260	70	94	243	159	304
Havířov	229	237	30		55	26	28	118	186	182	269	280	288	276	302	287	266	76	100	249	164	309
Opava	231	240	46	55		67	57	120	188	185	272	282	291	278	305	290	268	78	102	251	167	312
Karviná	241	250	42	26	67		39	130	198	195	281	292	301	288	315	299	278	88	112	261	177	322
Frydek-Místek	227	236	32	28	57	39		116	184	181	268	278	287	274	301	286	264	74	98	247	163	308
Brno	135	144	112	118	120	130	116		147	129	176	187	195	182	209	194	185	64	67	155	71	216
Hradec Králové	94	108	180	186	188	198	184	147		34	139	130	139	126	152	151	95	131	170	179	113	180
Pardubice	97	110	177	182	185	195	181	129	34		142	133	142	128	155	153	114	127	166	171	94	182
Plzeň	80	70	264	269	272	281	268	176	139	142		128	105	123	150	102	136	216	218	127	136	80
Ústí nad Labem	81	81	274	280	282	292	278	187	130	133	128		52	27	37	63	98	227	229	177	146	107
Most	91	74	283	288	291	301	287	195	139	142	105	52		36	72	32	131	235	238	186	155	76
Teplice	77	77	270	276	278	288	274	182	126	128	123	27	36		46	47	107	222	225	173	142	91
Děčín	104	104	297	302	305	315	301	209	152	155	150	37	72	46		83	75	249	252	200	169	128
Chomutov-Jirkov	94	73	282	287	290	299	286	194	151	153	102	63	32	47	83		143	234	236	184	154	53
Liberec	89	102	260	266	268	278	264	185	95	114	136	98	131	107	75	143		210	227	175	145	174
Olomouc	176	184	70	76	78	88	74	64	131	127	216	227	235	222	249	234	210		60	195	111	256
Zlín-Otrokovice	178	186	94	100	102	112	98	67	170	166	218	229	238	225	252	236	227	60		198	113	259
České Budějovice	126	134	243	249	251	261	247	155	179	171	127	177	186	173	200	184	175	195	198		115	193
Jihlava	95	104	159	164	167	177	163	71	113	94	136	146	155	142	169	154	145	111	113	115		176
Karlovy Vary	116	93	304	309	312	322	308	216	180	182	80	107	76	91	128	53	174	256	259	193	176	

Příloha G: Dělna přepravní práce (výchozí stav)

G1. Absolutní podily veřejné dopravy (v počtech přepravených osob)	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary
Praha		228	78		5	5		142	137	155	194	109	12	13	10	7	63	147	10	59	21	8
Kladno	2 270							1	2		2	5					1			1		
Ostrava	675			157	405	216	234	163	26	39	5							235	45	0	0	
Havířov	124		2 399		26	377	113	29	4		1							39	3	0		
Opava	118		591			8	3	26		11								59	11			
Karviná	90		688	109	12			22	3									22	3			
Frydek-Místek	69		1 136	23	8	15		29	2									38	3			
Brno	193		13		1	1			24	33	2	0						80	17	2	27	
Hradec Králové	334	1	11					192		579	3	1					19	71	5	1	1	
Pardubice	765		11					180	598		5	5					5	62		1	4	
Plzeň	493	1						3	3	4		1						4		37		9
Ústí nad Labem	356	2	4					2	4	4	4		16	180	183	6	7	8		0		
Most	305	0						2	1	2	6	155		104	7	166	1					4
Teplice	204							3			4	526	63		16	10	1			1		
Děčín	177							1	2	4		619	5	21			9	4		0		
Chomutov-Jirkov	173	1						1			13	95	479	32			1	1		1		8
Liberec	238	1						3	17	5	2	10			2			4	0			
Olomouc	444		127		9	4		258	25	31									61		1	
Zlín-Otrokovice	98		78		7	4		113	7	11	0						0	163				
České Budějovice	253							11	1	1	81							0			2	
Jihlava	137							144	3	5	2	1					1	6	0	11		
Karlovy Vary	96							1	1		46	11				3				2		

G2. Absolutní podíly IAD (v počtech přepravených osob)	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary
Praha		504	47		25	8		668	224	86	597	235	24	41	21	29	254	75	61	164	62	45
Kladno	4 723							28	10		48	21					9			10		
Ostrava	405			251	374	279	375	750	23	10	23							231	28	15	10	
Havířov	204		3 919		58	1 019	170	274	15		13							105	10	11		
Opava	170		568			22	18	302		6								138	18			
Karviná	125		842	295	20			140	10									62	8			
Frydek-Místek	170		1 601	34	46	67		259	12									80	18			
Brno	1 240		97		28	11			28	18	36	12						234	112	37	73	
Hradec Králové	916	10	9					161		711	32	15					49	52	5	11	10	
Pardubice	494		3					103	797		24	17					32	16		18	18	
Plzeň	1 494	17						88	25	15		15						16		49		33
Ústí nad Labem	890	11	8					71	33	12	83		25	235	202	10	49	14		16		
Most	649	22						41	9	10	125	248		130	13	169	30					6
Teplice	436							33			26	731	79		40	14	23			12		
Děčín	410							34	20	13		623	10	43			48	6		10		
Chomutov-Jirkov	701	15						19			149	196	503	51			24	14		12		17
Liberec	1 162	10						105	82	32	41	59			11			21	10			
Olomouc	256		140		30	13		523	22	8									57		10	
Zlín-Otrokovice	482		55		15	11		676	13	5	10						10	152				
České Budějovice	846							184	21	12	112							23			12	
Jihlava	423							269	26	28	27	13					10	48	12	60		
Karlovy Vary	552							35	10		183	41				7				20		

G3. Relativní podíly veřejné dopravy (v procentech přepravených osob)	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary
Praha		31,2	62,5		15,1	40,1		17,5	38,0	64,3	24,5	31,6	34,0	24,5	33,4	19,5	19,8	66,0	13,5	26,5	25,3	15,8
Kladno	32,5							4,7	15,9		4,5	18,2					7,8			6,5		
Ostrava	62,5			38,4	51,9	43,6	38,3	17,9	53,1	80,0	16,4							50,5	61,0	1,3	4,1	
Havířov	37,8		38,0		30,8	27,0	39,9	9,6	21,5		6,7							27,0	22,6	0,4		
Opava	41,1		51,0			28,2	14,6	7,8		62,6								29,9	37,0			
Karviná	41,9		45,0	27,0	36,3			13,6	24,6									26,3	25,8			
Frydek-Místek	28,8		41,5	39,9	14,4	18,0		10,1	15,5									32,0	16,3			
Brno	13,4		12,0		3,6	7,0			47,0	64,4	4,6	3,6						25,4	13,5	5,8	27,0	
Hradec Králové	26,7	10,8	55,9					54,4		44,9	9,0	6,2					28,5	57,8	46,5	6,7	10,2	
Pardubice	60,8		77,5					63,6	42,8		18,9	23,7					13,9	78,9		5,5	16,6	
Plzeň	24,8	3,1						3,3	9,0	22,7		6,7						21,6		42,6		22,3
Ústí nad Labem	28,5	14,6	34,2					3,4	9,7	24,4	4,5		39,3	43,4	47,5	35,1	12,9	37,7		3,0		
Most	32,0	2,3						5,8	11,2	20,4	4,5	38,4		44,5	34,1	49,6	4,3					36,6
Teplice	31,9							7,7			11,8	41,9	44,5		29,3	40,2	4,7			6,3		
Děčín	30,2							3,7	11,0	25,9		49,9	36,3	33,3			15,4	41,3		3,5		
Chomutov-Jirkov	19,8	7,6						2,8			8,0	32,6	48,8	38,5			3,9	9,7		4,6		31,9
Liberec	17,0	5,3						2,5	17,1	14,1	4,8	14,3			19,1			17,6	2,5			
Olomouc	63,5		47,7		22,8	24,6		33,0	52,3	79,5									51,8		13,1	
Zlín-Otrokovice	16,8		58,4		32,8	26,5		14,4	33,2	67,9	1,8						4,9	51,8				
České Budějovice	23,0							5,8	5,6	5,9	41,7							0,6			16,2	
Jihlava	24,5							34,9	10,9	15,6	6,9	7,7					5,4	11,2	3,6	15,5		
Karlovy Vary	14,8							1,7	4,8		20,3	21,8				31,9				8,9		

G4. Relativní podíly IAD (v procentech přepravených osob)	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary
Praha		68,8	37,5		84,9	59,9		82,5	62,0	35,7	75,5	68,4	66,0	75,5	66,6	80,5	80,2	34,0	86,5	73,5	74,7	84,2
Kladno	67,5							95,3	84,1		95,5	81,8					92,2			93,5		
Ostrava	37,5			61,6	48,1	56,4	61,7	82,1	46,9	20,0	83,6							49,5	39,0	98,7	95,9	
Havířov	62,2		62,0		69,2	73,0	60,1	90,4	78,5		93,3							73,0	77,4	99,6		
Opava	58,9		49,0			71,8	85,4	92,2		37,4								70,1	63,0			
Karviná	58,1		55,0	73,0	63,7			86,4	75,4									73,7	74,2			
Frydek-Místek	71,2		58,5	60,1	85,6	82,0		89,9	84,5									68,0	83,7			
Brno	86,6		88,0		96,4	93,0			53,0	35,6	95,4	96,4						74,6	86,5	94,2	73,0	
Hradec Králové	73,3	89,2	44,1					45,6		55,1	91,0	93,8					71,5	42,2	53,5	93,3	89,8	
Pardubice	39,2		22,5					36,4	57,2		81,1	76,3					86,1	21,1		94,5	83,4	
Plzeň	75,2	96,9						96,7	91,0	77,3		93,3						78,4		57,4		77,7
Ústí nad Labem	71,5	85,4	65,8					96,6	90,3	75,6	95,5		60,7	56,6	52,5	64,9	87,1	62,3		97,0		
Most	68,0	97,7						94,2	88,8	79,6	95,5	61,6		55,5	65,9	50,4	95,7					63,4
Teplice	68,1							92,3			88,2	58,1	55,5		70,7	59,8	95,3			93,7		
Děčín	69,8							96,3	89,0	74,1		50,1	63,7	66,7			84,6	58,7		96,5		
Chomutov-Jirkov	80,2	92,4						97,2			92,0	67,4	51,2	61,5			96,1	90,3		95,4		68,1
Liberec	83,0	94,7						97,5	82,9	85,9	95,2	85,7			80,9			82,4	97,5			
Olomouc	36,5		52,3		77,2	75,4		67,0	47,7	20,5									48,2		86,9	
Zlín-Otrokovice	83,2		41,6		67,2	73,5		85,6	66,8	32,1	98,2						95,1	48,2				
České Budějovice	77,0							94,2	94,4	94,1	58,3							99,4			83,8	
Jihlava	75,5							65,1	89,1	84,4	93,1	92,3					94,6	88,8	96,4	84,5		
Karlovy Vary	85,2							98,3	95,2		79,7	78,2				68,1				91,1		

Příloha H: Cestovní doby veřejné dopravy po realizaci navrhovaného opatření

H1. Absolutní změna cestovní doby veřejné dopravy $\Delta t_{VD,ij}$ [min]	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary	
Praha											-7												
Kladno																							
Ostrava											-32										-30		
Havířov											-32										-35		
Opava											-32										-61		
Karviná											-32										-35		
Frydek-Místek											-32										-39		
Brno																							
Hradec Králové											-8										-1		
Pardubice											-30										-42		
Plzeň	-7				-24				-3	-14		-16			-16					-30			
Ústí nad Labem											-24										-29		
Most																							
Teplice																							
Děčín											-21										-27		
Chomutov-Jirkov																							
Liberec																							
Olomouc											-32										-30		
Zlín-Otrokovice											-32										-19		
České Budějovice	-2		-13	-8	-52	-19	-13		-2	-46		-2	-22	-13	-2			-24	-1		-5		
Jihlava																					-4		
Karlovy Vary																							

Příloha I: Dělbá přepravní práce po realizaci navrhovaného opatření

I1. Absolutní změna podílu veřejné dopravy (v počtech přepravených osob)	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frydek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary	
Praha											+40												
Kladno																							
Ostrava											+6												
Havířov											+2												
Opava																							
Karviná																							
Frydek-Místek																							
Brno																							
Hradec Králové																							
Pardubice											+7										+3		
Plzeň	+95									+2		+1											
Ústí nad Labem											+5										+1		
Most																							
Teplice																							
Děčín																					+1		
Chomutov-Jirkov																							
Liberec																							
Olomouc																							
Zlín-Otrokovice																							
České Budějovice	+15									+3													
Jihlava																							
Karlovy Vary																							

I2. Změna relativního podílu veřejné dopravy (v procentních bodech)	Praha	Kladno	Ostrava	Havířov	Opava	Karviná	Frýdek-Místek	Brno	Hradec Králové	Pardubice	Plzeň	Ústí nad Labem	Most	Teplice	Děčín	Chomutov-Jirkov	Liberec	Olomouc	Zlín-Otrokovice	České Budějovice	Jihlava	Karlovy Vary	
Praha											+5,1												
Kladno																							
Ostrava											+22,7									+2,5			
Havířov											+12,3									+1,0			
Opava																							
Karviná																							
Frýdek-Místek																							
Brno																							
Hradec Králové											+2,6									+0,1			
Pardubice											+22,5									+15,7			
Plzeň	+4,8								+0,9	+10,1		+4,8											
Ústí nad Labem											+5,9									+5,5			
Most																							
Teplice																							
Děčín																					+5,4		
Chomutov-Jirkov																							
Liberec																							
Olomouc																							
Zlín-Otrokovice											+3,9												
České Budějovice	+1,3								+0,5	+19,2								+0,8			+2,5		
Jihlava																				+2,0			
Karlovy Vary																							