



## Východiska a metodika dopravního modelu Kraje Vysočina

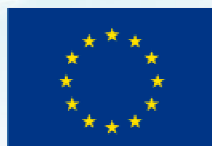
Části B1, B2, B3 dle zadávací dokumentace veřejné zakázky  
RAILHUC – přestupní terminály a páteční síť veřejné dopravy  
Kraje Vysočina

Objednatel: Kraj Vysočina, Žižkova 57, 587 33 Jihlava  
Zhotovitel: UDIMO spol. s r. o., Sokolská tř. 8, 702 00 Ostrava

Ostrava, leden 2013



**CENTRAL  
EUROPE**  
COOPERATING FOR SUCCESS.



**EUROPEAN UNION**  
EUROPEAN REGIONAL  
DEVELOPMENT FUND

## Základní údaje

<b>Název</b>	RAILHUC – přestupní terminály a páteřní síť veřejné dopravy Kraje Vysočina
<b>Zhotovitel</b>	UDIMO spol. s r. o., Sokolská tř. 8, 702 00 Ostrava
<b>Objednatel</b>	Kraj Vysočina, Žižkova 57, 587 33 Jihlava
<b>Archivní číslo</b>	II. – 1.2/24/2012
<b>Termín dokončení</b>	leden 2014, dílčí termín části leden 2013
<b>Zodpovědný projektant</b>	Ing. Petr Macejka
<b>Technická kontrola</b>	Ing. Pavel Roháč



**CENTRAL  
EUROPE**  
COOPERATING FOR SUCCESS.



**EUROPEAN UNION**  
EUROPEAN REGIONAL  
DEVELOPMENT FUND

**Projekt 3sCE413P2 RAILHUC – Railway Hub Cities and TEN-T network  
je realizován v rámci Operačního programu CENTRAL EUROPE  
a spolufinancován Evropským fondem pro regionální rozvoj**

## Obsah

Základní údaje.....	2
Obsah .....	3
1 Východiska dopravního modelu Kraje Vysočina .....	4
1.1 Účely a cíle pořízení dopravního modelu.....	4
1.2 Význam dopravního modelování v dopravním plánování .....	4
1.3 Význam dopravního modelování na úrovni regionů.....	5
2 Metodika dopravního modelu Kraje Vysočina.....	6
2.1 Definice dopravního modelu.....	6
2.2 Struktura dopravního modelu .....	7
2.2.1 Popis modelu .....	7
2.2.2 Zonální struktura .....	8
2.2.3 Dopravní síť .....	9
2.2.4 Linky veřejné dopravy .....	9
2.2.5 Propojení zón a dopravní sítě.....	10
2.3 Vstupní data dopravního modelu.....	11
2.3.1 Typy vstupních dat použitých v dopravním modelu .....	11
2.3.2 Shrnutí dostupných zdrojů dat.....	13
2.3.3 Kvalita vstupních dat .....	13
2.3.4 Dopad neexistence dat na vypovídající schopnost dopravního modelu.....	14
2.4 Výpočtová část dopravního modelu.....	14
2.4.1 Socioekonomické skupiny .....	14
2.4.2 Tvorba cest .....	14
2.4.3 Převážní vztahy .....	15
2.4.4 Dělbá přepravní práce.....	15
2.4.5 Přiřazení na síť.....	16
2.4.6 Kalibrace.....	16
2.4.7 Validace .....	16
3 Shrnutí .....	19
Seznam obrázků, tabulek a grafů .....	20
Literatura.....	20

# 1 Východiska dopravního modelu Kraje Vysočina

## 1.1 Účely a cíle pořízení dopravního modelu

Použití metod dopravního modelování je hlavním analytickým nástrojem mezinárodního projektu Railhuc – Železniční uzlová města a síť TEN-T (Railway Hub Cities and TEN-T network). Z důvodu polycentrického charakteru osídlení kraje a poměrně nízké gravitace centrálních uzlů Havlíčkův Brod a Jihlava, ve srovnání s ostatními železničními uzly projektu Railhuc, Kraj Vysočina přistoupil k sestrojení multimodálního modelu osobní dopavy celého kraje.

Dopravní model osobní dopavy je pokusem o napodobení skutečného dopravního procesu na základě známých zákonitostí. Je to idealizovaná podoba části reálného světa založená na základě logických a jiných vazeb se vzájemnou interakcí. Model je selektivní aproximací (vybranou přibližnou hodnotou), která zdůrazňuje významné aspekty našeho světa a nevýznamné či nahodilé potlačuje. Výhodou modelu osobní dopavy je, že na základě znalostí vazeb systému umožňuje předpověď chování tohoto systému při různých podmínkách.

Dopravní model je využit jako jeden z nástrojů pro zpracování a vyhodnocení analýz prováděných v rámci projektu Railhuc. Převážně analýzy jsou prováděny pro silniční a železniční síť a linkové vedení regionální a dálkové autobusové dopavy a drážní osobní dopavy v Kraji Vysočina.

Cílem projektu a multimodálního modelu osobní dopavy je návrh dopravních řešení veřejné dopavy pro krátkodobý, střednědobý a dlouhodobý horizont a jejich posouzení na základě předcházející přepravní analýzy. Zpracované varianty koncepce páteřní sítě veřejné dopavy budou výchozím podkladem pro podrobnější dopravní studie, které budou zadány prostřednictvím samostatných veřejných zakázek. Společně s variantami provozních koncepcí v úrovni páteřní sítě veřejné dopavy Kraje Vysočina je cílem na základě těchto analýz formulovat potřeby prospěšných zásahů do infrastruktury veřejné dopavy a dalších opatření.

## 1.2 Význam dopravního modelování v dopravním plánování

Dopravní plánování, které se opírá o multimodální dopravní model, je schopno hodnotit nejen nabídkovou stranu, ale zejména poptávkovou stranu problému. Díky modelování dopavy v sofistikovaných software, jako je Omnitrans, je možné pracovat s obsáhlou databází informací, která je kontrolována dopravním odborníkem.

Pokud je nutné stanovit indikátory na poptávkové straně návrhu dopravního řešení, je mnohdy multimodální model jediným nástrojem k predikci těchto hodnot.

Dříve používané metody nebyly schopny adekvátně pracovat s jednotlivými druhy dopavy. I dnes můžeme vidět prognózy individuální automobilové dopavy (IAD) na základě růstových koeficientů, oddělené prognózy veřejné dopavy se stagnací, bez vysvětlení, zda se zvýšení dopravních výkonů realizuje z důvodu prodloužení průměrné cesty či vyšší mobility, tj. zvýšení hybnosti a počtu dosahovaných cílů. Takové oddělené přístupy by již neměly být akceptovány.

Bez společného přístupu k více druhům dopavy není dále možno uvažovat se synergií opatření v každém jednotlivém druhu dopavy. Společný přístup přináší informace o možné změně dělby přepravní práce mezi systémy v případě změny, byť jen jednoho z nich.

Pro hodnocení dopadů a přínosů infrastrukturních opatření je významná právě poptávková strana, jelikož ta pojednává o lidech na rozdíl od nabídkové strany, která řeší dopravní infrastrukturu.

### 1.3 Význam dopravního modelování na úrovni regionů

Dopravní model osobní dopravy na úrovni regionů má za cíl modelovat stavy, které není schopen postihnout národní strategický model a které nelze postihnout při zpracování městských dopravních modelů. Zatímco národní model má podrobnost obcí s rozšířenou působností a městský model podrobnost základních sídelních jednotek či sčítacích obvodů, krajský model má za cíl modelovat meziobecní vztahy na silnicích všech kategorií a všech železničních tratích, regionálních i celostátních, na území kraje.

Krajský model proto může hodnotit dopravní obslužnost regionů, posuzovat linkové vedení a frekvence příměstské a regionální dopravy, hodnotit přestupní uzly a posuzovat obchvaty obcí a měst. Multimodální model má pak za cíl modelovat také změnu chování uživatelů ve vztahu k volbě dopravního prostředku.

Zpracovaný multimodální dopravní model osobní dopravy je vázán na zájmové území Kraje Vysočina. Možnosti aplikace dopravního modelu závisí na dostupnosti potřebných vstupních údajů a na jejich kvalitě. Zpracováním modelu se rozumí vytvoření stavby modelu a jeho kalibrace a validace.



## 2 Metodika dopravního modelu Kraje Vysočina

### 2.1 Definice dopravního modelu

Model dopravy má své definované vstupní a výstupní veličiny, definované základní části a dimenze. Vstupní veličiny se liší pro každý model v závislosti na dostupnosti zdrojů dat či možnosti průzkumů. Výstupní veličiny se liší od cíle každého konkrétního dopravního modelu. Každý model obsahuje shodné definované části, kterými jsou proměnné, parametry a principy ve formě matematických funkcí.

#### Definice výpočtové části modelu

Proměnná je vstupní či výstupní veličina. Tedy matematická či logická interpretace deklarovaného objektu.

Parametr je neměnná hodnota tzv. charakteristické koeficienty. Tyto parametry nabývají všeobecně platných hodnot zjištěných statistickým vyhodnocením jevu. V průběhu výpočtu se nemění.

Principy ve formě matematických funkcí vytvářejí vztahy mezi vstupními hodnotami, parametry a výsledky.

Struktura dat čtyřstupňového modelu je následující:

- socioekonomická data a zonální data
- modelová síť pro jednotlivé dopravní submódy
- matice přepravních vztahů
- výpočtové funkce

Dimenze čtyřstupňového modelu dopravy:

- účel cesty
- druh dopravního prostředku
- modelový čas
- uživatelsky definované dimenze
- výsledky
- iterace

#### Modelování nabídky a poptávky

Čtyřstupňový model je zažitý název pro komplexní dopravní model rozdělený na 4 základní úlohy, z nichž první 3 spadají do modelování dopravní poptávky a 4. do modelování dopravní nabídky.

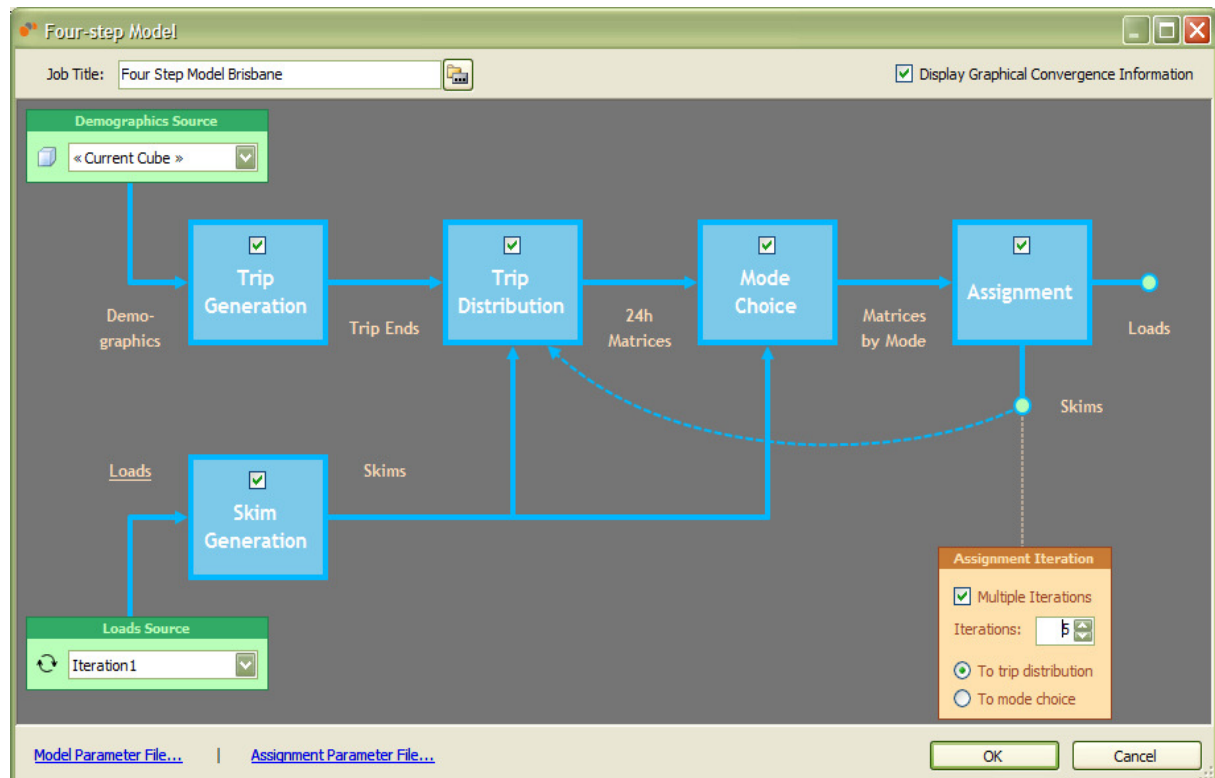
Modelování dopravní poptávky:

- vznik přepravních potřeb (objemy zdrojové a cílové dopravy území)
- rozdělení přepravních vztahů (směrování dopravních proudů)
- dělba přepravní práce (volba dopravního prostředku)

Modelování dopravní nabídky:

- přidělení dopravní zátěže na síť dopravních subsystémů

Celá úloha je přitom závislá na využití dopravní cesty, tedy stupně saturace jednotlivých dopravních módů. K uspokojivému výsledku je nutné dojít iteracemi.



Obrázek 1: Příklad schématu možného čtyřstupňového modelu (Zenith 4-step Model)

## 2.2 Struktura dopravního modelu

### 2.2.1 Popis modelu

Dopravní model Kraje Vysočina je zpracováván pro kalibrační rok 2010/2012. Vzhledem k dostupnosti dat sčítání na silniční síti v 5letých intervalech je využito Celostátní sčítání dopravy 2010, provedené Ředitelstvím silnic a dálnic ČR (ŘSD). Aktuální data k veřejné dopravě jsou dostupná pro rok 2012. Výhledové stav poptávkového modelu byl zvolen rok 2030. Varianty dopravní sítě je možné modelovat pro výstupy krátkodobého, střednědobého a dlouhodobého horizontu realizace opatření dle finančního plánu.

Řešeným územím je Kraj Vysočina s obálkou blízkých cílů, obcí s rozšířenou působností (ORP), a vzdálených cílů, krajů ČR.

Dopravní model obsahuje celkem 755 dopravních zón.

Modelované druhy dopravy jsou osobní individuální automobilová doprava a veřejná osobní doprava s dalším členěním na drážní dopravu a veřejnou linkovou dopravu. Městská hromadná doprava, cyklistická a pěší doprava nejsou modelovány.

Model je desagregován dle účelu cesty na dojíždku do škol, dojíždku do zaměstnání, vícedenní rekreaci, k lékaři a ostatní cesty.

Pro potřeby posouzení veřejné dopravy je modelováno celodenní období pracovního dne za 24 hodin. Ranní špička je použita pouze pro zobrazení stávajících intenzit sítě veřejné dopravy.

Modelové zatížení sítě osobními vozidly je provedeno kapacitně nezávisle pro 24 hodin, protože dopravní zátěže nedosahují nad 75% vytížení. Modelové zatížení veřejné dopravy je provedeno kapacitně závisle se směřováním po více trasách pro oba modelové časy.

Matice pro veřejnou dopravu i individuální dopravu jsou kalibrovány společně.

Níže jsou zobrazeny nejdůležitější atributy modelu:

Atributy modelu	Dimenze
Kalibrační rok	<ul style="list-style-type: none"> <li>2010 IAD, 2012 veřejná doprava</li> </ul>
Prognóza pro roky	<ul style="list-style-type: none"> <li>2030, varianty sítě pro krátkodobý, střednědobý a dlouhodobý výhled</li> </ul>
Řešené území	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kraj Vysočina</li> </ul>
Vnější oblasti	<ul style="list-style-type: none"> <li>oblasti sousedící s Krajem Vysočina do podrobnosti ORP</li> <li>zbytek České republiky (NUTS 3 či jejich části)</li> </ul>
Zónování oblastí	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kraj Vysočina: 718 dopravních zón (v tom 704 obcí)</li> <li>zbytek ČR: 36 dopravních zón (v tom 23 ORP)</li> <li>Slovensko: 1 zóna</li> </ul>
Druhy dopravy	<ul style="list-style-type: none"> <li>veřejná osobní doprava (drážní doprava, veřejná linková doprava)</li> <li>osobní individuální automobilová doprava</li> </ul>
Účel cesty	<ul style="list-style-type: none"> <li>dojíždka za prací</li> <li>dojíždka do škol</li> <li>rekreace</li> <li>k lékaři (pokud jsou dostupná data)</li> <li>ostatní</li> </ul>
Modelové časy	Reprezentativní pracovní den: <ul style="list-style-type: none"> <li>ranní špička 04:00 – 08:00 h (pouze zobrazení stávající VD)</li> <li>celý reprezentativní den (24 hodin)</li> </ul>
Přítížení modelové sítě	<ul style="list-style-type: none"> <li>IAD: kapacitně nezávislé zatěžování pro modelový čas 24 hodin</li> <li>veřejná osobní doprava: směřování po více trasách</li> </ul>
Modelování poptávky	Na základě gravitačního modelu
Kalibrace matic	Společná kalibrace matic (SKM) pro časové období: <ul style="list-style-type: none"> <li>IAD individuální automobilová doprava</li> <li>veřejná osobní doprava</li> </ul>

Tabulka 1: Atributy modelu

## 2.2.2 Zonální struktura

Objemy dopravy se vypočítávají pro tzv. dopravní okrsky. Každý dopravní okrsek je určen svou hranicí a svým těžištěm. Toto těžiště představuje zjednodušený cíl a zdroj všech cest začínajících a končících v okrsku. Velikost okrsků se určí dle účelu a velikosti dopravního modelu. Model Kraje Vysočina má dopravní okrsky členěny na vnitřní a vnější.

Vnitřní zóny modelu představují zkoumané území Kraje Vysočina. Základní jednotkou je obec. Vnější zóny tvoří obálku zkoumaného území. Jejich základní jednotkou je obec s rozšířenou působností pro blízké zóny a kraje pro vzdálenější zóny.



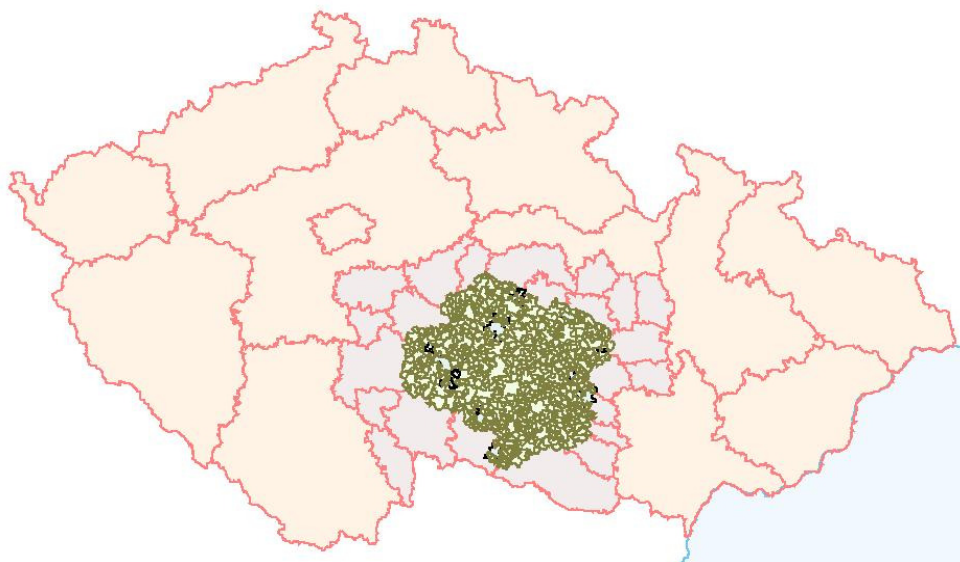
Vnitřní dopravní zóny Kraje Vysočina jsou členěny do dvou skupin:

- obce Kraje Vysočina (obce se spojitým územím)
- části obcí Kraje Vysočina (pro obce, které nejsou jedním spojitým územím)

Vnější dopravní zóny jsou děleny na 4 podskupiny:

- Slovensko
- kraje nesousedící s Krajem Vysočina
- kraje sousedící s Krajem Vysočina bez okresů sousedících s Krajem Vysočina
- obce s rozšířenou působností v okresech sousedících s Krajem Vysočina

Výjimkou k výše zmíněnému členění je okres Brno – venkov, který nebyl celý členěn na ORP. Pro Brno – venkov jsou samostatně členěny pouze ORP sousedící s Krajem Vysočina, zbytek okresu je přiřazen k centroidu zbytku Jihomoravského kraje, bez okresů sousedících s Krajem Vysočina.



Obrázek 2: Dopravní zóny modelu osobní dopravy Kraje Vysočina

### 2.2.3 Dopravní síť

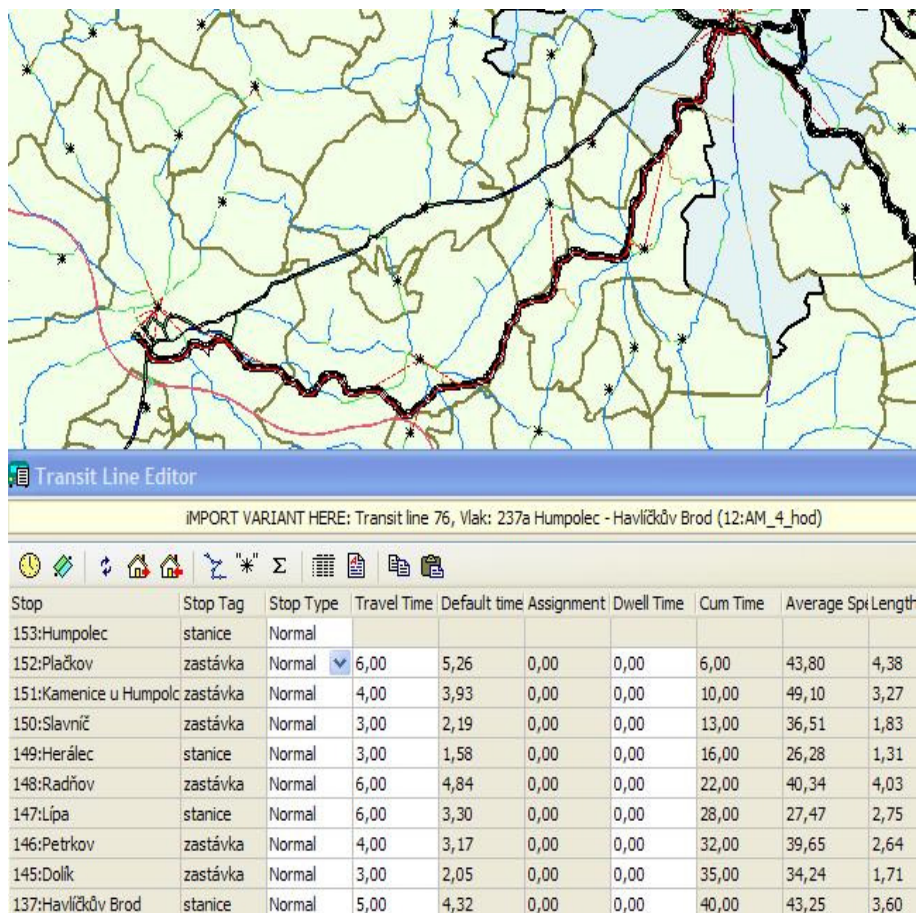
Dopravní síť je zadána pro silniční a železniční dopravu. Vnitřní území Kraje Vysočina obsahuje dálnice, všechny silnice I., II. a III. třídy a vybrané místní komunikace a regionální a celostátní tratě. Model obsahuje mimo modelové území Kraje Vysočina také klíčové vazby na ostatní kraje. Tomu odpovídá rozmístění vnějších zón.

Atributy sledované na silniční síti jsou délka, kapacita, rychlost na nezatížené silniční síti, rychlost na zatížené silniční síti, povolené dopravní systémy, linkové vedení veřejné dopravy a jeho dopravní nabídka. Základní informace o kapacitě a rychlosti byly stanoveny na základě ČSN 736101 a ČSN 736110.

### 2.2.4 Linky veřejné dopravy

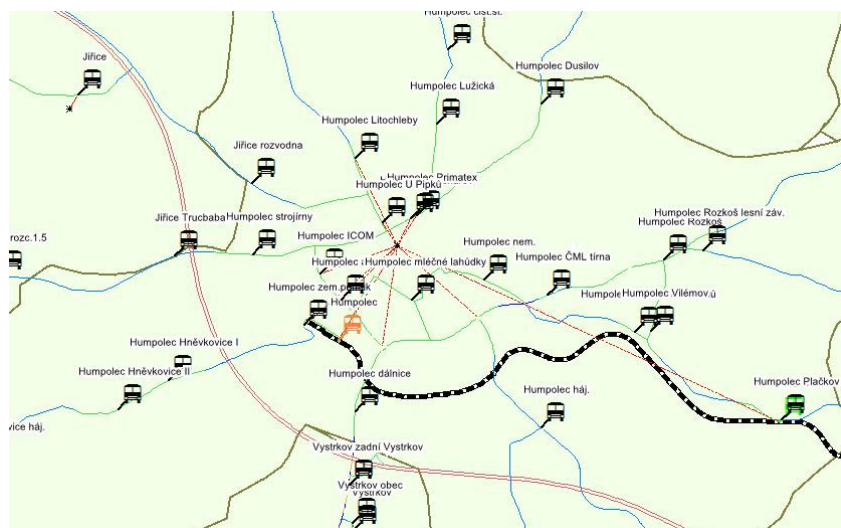
Pro výpočet zatížení veřejnou dopravou je zvolen algoritmus Timetable využívající informací o vedení linek veřejné dopravy, cestovním času a dopravní nabídce. Linky veřejné dopravy jsou zadány pro území Kraje Vysočina s přesahem do okolních ORP. Cestovní doby a místa zastavení jsou zadány na základě platných jízdních řádů v roce 2012, spoje jedoucí ve dny úterý až čtvrtek. Dále je zadán počet spojů za den a ve špičkovém ranním období.

Na následujícím obrázku je zobrazen příklad zadání jízdních řádů:



Obrázek 3: Ukázka zadání jízdního řádu v databázi softwaru Omnitrans

## 2.2.5 Propojení zón a dopravní sítě



Obrázek 4: Připojení centroidu Humpolec na dopravní síť

K propojení dopravní poptávky ve formě matic přepravních vztahů a nabídky dopravní sítě slouží tzv. konektory. Každá dopravní zóna může být v modelu připojena několika konektory. V projektu nejsou využita omezení pro distribuci na jednotlivých konektorech. Konektory

obsahují informace o přístupových dobách na dopravní síť. Distribuce cest pro přístup k veřejné dopravě je prováděna jednak konektory a jednak zadanou silniční sítí s povoleným přístupovým dopravním módem k veřejné dopravě.

## 2.3 Vstupní data dopravního modelu

### 2.3.1 Typy vstupních dat použitých v dopravním modelu

Vstupní data pro tvorbu dopravního modelu lze shrnout do několika kategorií:

- dopravní zóny
- dopravní síť a její parametry
- zastávky a stanice
- vedení linek veřejné dopravy
- socioekonomická data
- dopravní chování obyvatelstva
- přepravní proudy v osobní dopravě
- dopravní zatížení v osobní dopravě

#### Dopravní zóny

Vstupní data pro dopravní oblasti jsou vektorové vrstvy ve formátu shp importované z Geografického informačního systému (GIS). Zdrojem dat je Český statistický úřad (ČSÚ) nebo Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK). Data byla poskytnuta Krajem Vysočina. Dále je nutné pro každou definovanou dopravní oblast shromáždit socioekonomická data.

#### Dopravní síť a její parametry

Dopravní síť je rozdělena na silniční a železniční síť. Silniční síť je importována z vektorové vrstvy formátu shp GIS. Zdrojem je ŘSD ČR, Silniční databanka Ostrava. Data byla poskytnuta Krajem Vysočina. Železniční síť je importována z vektorové vrstvy shp GIS. Zdrojem je databáze ZABAGED ČÚZK. Data byla poskytnuta Krajem Vysočina.

Dopravní síť má celkem přes 65,5 tis. linií.

Dopravní síť nese také informace o sčítání dopravy.

Podkladní rastrové vrstvy nebyly pro model dopravy požadovány. Pro potřeby ručního doplnění sítě jsou využívána aktuální rastrová data Google.

#### Zastávky a stanice

Zastávky a stanice jsou rozděleny dle drážní a veřejné linkové dopravy. Zastávky veřejné linkové dopravy byly importovány z vektorové vrstvy ve formátu shp poskytnuté Krajem Vysočina. Železniční zastávky a stanice byly importovány jako plochy a body z vektorové vrstvy ZABAGED ČÚZK a ručně spojeny se železniční sítí. V modelu je zadáno přes 2 600 zastávek.

#### Vedení linek veřejné dopravy

Linky veřejné dopravy byly poskytnuty v shp GIS vrstvě v nekompatibilním formátu Krajem Vysočina. Linkování veřejné dopravy je provedeno ručně dle poskytnutých jízdních řádů platných v roce 2012.

#### Socioekonomická data a zonální data



Základním zdrojem dat je ČSÚ. Základní data o počtu obyvatel a počtu ekonomicky aktivních obyvatel v obcích byla poskytnuta Krajem Vysočina ve formátu xls.

Další dostupná data jsou pro obyvatelstvo 2011 dle zvolených věkových skupin 0 – 5, 5 – 10, 11 – 14, 15 – 18, 19 – 64, 65+. Zdroj je ČSÚ. Data byla poskytnuta ve formátu xls.

Další dostupná data jsou z Databáze za obce (MOS). Jedná se o aktuální zonální data o počtu lékařských, školských, sportovních a kulturních zařízení a počtu ekonomických subjektů dle ekonomické činnosti. Data jsou dostupná ve formátu xls.

Další dostupná data o počtu zaměstnanců dle ekonomických skupin jsou z databáze Sčítání lidu, domů a bytů 2001 (SLDB 2001). Data byla poskytnuta ČSÚ ve formátu xls. Databáze sčítání 2011 není v současné době dostupná.

Informace o ubytovacích zařízeních je dostupná z ČSÚ ve formátu xls. Tato data byla poskytnuta Krajem Vysočina.

### Dopravní chování obyvatelstva

Informace o specifických hybnostech a distribučních křivkách byla vyžádána u Ministerstva dopravy. Jediná existující schválená data pro ČR jsou obsahem modelu dopravy Dopravní sektorové strategie, 2. fáze.

Mimo výše zmíněná data jsou dostupná pouze data pro dojížděku do škol, která byla poskytnuta Krajem Vysočina, a pro dojížděku do zaměstnání SLDB 2001, která byla poskytnuta ČSÚ.

Z databáze ČSÚ je možné odvodit jednak specifické hybnosti pro účel cesty do zaměstnání, její distribuční křivku, a na základě tabulek A12 a A13 také děly přepravní práce.

**Tab. A13. Dojíždějící denně za prací podle použitého dopravního prostředku**

Kraj, okres	Dojíždějící do obce celkem	z toho použitý dopravní prostředek <sup>1</sup>												
		autobus	vlak	MHD	automobil - řidič	automobil - spolucestující	motocykl	kolo	jiný	autobus + vlak	autobus + MHD	vlak + MHD	ostatní kombinace	žádný dopravní prostředek
<b>Kraj celkem</b>	<b>86 159</b>	<b>31 991</b>	<b>4 421</b>	<b>905</b>	<b>22 092</b>	<b>6 658</b>	<b>531</b>	<b>2 314</b>	<b>959</b>	<b>1 495</b>	<b>973</b>	<b>455</b>	<b>7 802</b>	<b>5 084</b>
Havlíčkův Brod	15 445	4 835	1 479	55	3 707	983	110	488	200	446	60	95	1 677	1 217
Jihlava	19 486	5 773	967	653	4 959	1 647	79	304	214	395	562	260	2 322	1 227
Pelhřimov	11 253	4 077	268	39	3 319	972	45	192	156	175	64	19	1 219	608
Třebíč	19 363	8 410	858	99	5 255	1 569	190	737	139	139	177	43	627	1 024
Žďár n. Sázavou	20 612	8 896	849	59	4 852	1 487	107	593	250	340	110	38	1 957	1 008

*Tabulka 2: Dojíždějící za prací dle použitého dopravního prostředku (ukázka)<sup>1</sup>*

Pro jiné účely cest nejsou data dostupná.

Velkým problémem je dále neschopnost desagregovat matice dle socioekonomických skupin, tato data nejsou vůbec v ČR k dispozici mimo dopravní model Dopravní sektorové strategie, 2. fáze.

### Přepravní proudy v osobní dopravě

Dostupná data matice vztahů jsou jednak z anketního sčítání dojížděky do mateřských, základních a středních škol v Kraji Vysočina, tato data byla poskytnuta ve formátu xls.

<sup>1</sup> Dojížděka za prací a do škol v kraji Vysočina, str. 111 (Český statistický úřad, 2004)

Dále jsou dostupná data matice vztahů pro dojíždku do zaměstnání SLDB 2001, tato data jsou k dispozici ve formátu xls.

Dále jsou dostupné matice vztahů jízd ve veřejné linkové osobní dopravě. Zdrojem je databáze společnosti CHAPS spol. s r. o. Data byla poskytnuta Krajem Vysočina ve formátu txt.

### **Dopravní zatížení v osobní dopravě**

Dopravní zatížení je dostupné ve formátu shp GIS pro silniční dopravu 2010. Zdrojem je ŘSD, Silniční databanka Ostrava. Data byla poskytnuta Krajem Vysočina.

Dopravní zatížení v regionálních vlacích (osobní a spěšné vlaky) ze sčítání Českých drah (ČD) 2012 bylo poskytnuto Krajem Vysočina ve formátu xls.

Informace o počtu cestujících ve veřejné linkové osobní dopravě v roce 2012 jsou dostupné z databáze CHAPS ve formátu txt. Tato data byla poskytnuta Krajem Vysočina.

## **2.3.2 Shrnutí dostupných zdrojů dat**

Vstupní data pro dopravní oblasti jsou zejména ze zdroje ČSÚ.

Vstupní data pro dopravní silniční síť byla poskytnuta Krajem Vysočina z databáze ŘSD, Silniční databanka Ostrava. Vstupní data pro vedení železničních tratí byla poskytnuta Krajem Vysočina z databáze ZABAGED.

Vstupní data matice vztahů pro cesty do zaměstnání a škol byla poskytnuta ČSÚ ze sčítání SLDB 2001. Vstupní matice cest dojíždky do mateřských, základních a středních škol byla poskytnuta Krajem Vysočina. Vstupní data matic cest v prostředcích veřejné linkové osobní dopravy byla poskytnuta Krajem Vysočina a převzata z databáze CHAPS.

Pro výpočtové funkce a jejich parametry není v ČR vydána platná metodika pro vytváření poptávkových modelů, proto bylo požádáno Ministerstvo dopravy, aby byly poskytnuty výpočetní křivky z celostátního dopravního modelu, který vznikl při Dopravních sektorových strategiích, 2. fáze.

## **2.3.3 Kvalita vstupních dat**

Vstupní data k tvorbě zonálních oblastí a dopravní sítě včetně linkového vedení veřejné dopravy jsou aktuální a dostupná k roku 2012. Tato data jsou dostatečná pro sestavení dopravní sítě modelu osobní dopravy.

Socioekonomická data a zonální data jsou mimo počet pracujících dle ekonomických odvětví, který je ze SLDB 2001, z roku 2012 či 2011. Tato data jsou aktuální a dostupná.

Data popisující dopravní chování a dopravní proudy jsou dostupná pro dojíždku do práce ze sčítání SLDB 2001 a dojíždku do škol ve školním roce 2012/2013. Dále nejsou dostupné průzkumy dopravního chování pro ČR. Desagregace úlohy je díky tomuto nedostatku prakticky neproveditelná bez použití zahraničních průzkumů, které plně neodpovídají dopravnímu chování v ČR. Příkladem je již rozdíl ve specifické hybnosti obyvatel Německa 3,4 cesty na obyvatele/den a České republiky 2,67 cesty na obyvatele a den. Tento nedostatek může být nahrazen specifickými hybnostmi a distribučními křivkami zjištěnými v modelu dopravy ČR při Dopravních sektorových strategiích, 2. fáze. O tato data bylo zažádáno.

Kalibrační data o profilovém dopravním zatížení jsou dostupná pro silniční dopravu ze sčítání ŘSD 2010, sčítání ČD 2012 a databáze CHAPS 2012. Tato data jsou dostatečná pro validaci modelu dle profilových intenzit.

Dále byla využita data z koncepčního dokumentu Dopravní plán Kraje Vysočina (2011). Dokument obsahuje značné množství informací o časové dostupnosti ORP, matici dojíždky



žáků do škol, výčet lékařských zařízení, mapy silniční sítě, železniční sítě a zastávek veřejné linkové dopravy.

### 2.3.4 Dopad neexistence dat na vypovídající schopnost dopravního modelu

Vypovídací schopnost dopravního modelu je nejvíce postižena neznalostí specifických hybností, distribučních křivek pro tvorbu směrování dopravy a parametrů logit funkce pro model dělby přepravní práce pro území ČR. Výpočetní parametry byly vypočítány pro účely cest do práce a do školy. Pro ostatní účely jsou parametry provedeny na základě odborného odhadu.

Vzhledem k nedostatku dat pro denní variace individuální dopravy je ustoupeno od modelu ranní špičky pro období 4 – 8 hod.

## 2.4 Výpočtová část dopravního modelu

Dopravní model osobní dopravy Kraje Vysočina je založen na klasickém sekvenčním čtyřstupňovém postupu dle obrázku 1. Model je konstruován v souladu s běžnou praxí za využití dostupných dat a moderního software Omnitrans.

### 2.4.1 Socioekonomické skupiny

Model sleduje 5 socioekonomických skupin obyvatel a 8 párů cest. Kombinací těchto parametrů vznikají poptávkové vrstvy, jejichž chování je do určité míry homogenní a lze je popsat specifickou hybností a průměrnou přepravní vzdáleností či průměrným cestovním časem v podobě distribučních křivek.

Páry cest		Socioekonomické skupiny				
		0 - 6	6 - 10	10 - 14	14 - 18	Ostatní
1	Práce – domov					x
2	Domov – práce					x
3	Domov – vzdělání	x	x	x	x	x
4	Vzdělání – domov	x	x	x	x	x
5	Domov – lékař	x	x	x	x	x
6	Lékař – domov	x	x	x	x	x
7	Rekreace	x	x	x	x	x
8	Ostatní – ostatní	x	x	x	x	x

Tabulka 3: Model osobní dopravy, sledované vrstvy poptávkového modelu

Celkem je určeno 32 ze možných 40 kombinací. Ke každé poptávkové vrstvě je vázána matice 755 x 755 polí.

### 2.4.2 Tvorba cest

Celkový počet cest byl stanoven na základě specifických hybností určených pro každou ze 32 skupin poptávkového modelu.

V ČR neexistuje rozsáhlý průzkum dopravního chování obyvatel, ze kterého by bylo možné odvodit specifickou hybnost pro jednotlivé socioekonomické skupiny<sup>2</sup>.

Proto bylo osloveno Ministerstvo dopravy se žádostí o poskytnutí specifických hybností pro jednotlivé vrstvy poptávkového strategického modelu České republiky, který byl zpracován při dokumentaci Dopravní sektorové strategie, 2. fáze. Dále je přihlédnuto k výsledkům zahraničních průzkumů dopravy, např. Mobilität in Deutschland (MiD), které jsou upraveny na české podmínky. Celková mobilita nemohla být převzata z Dopravní sektorové strategie, 2. fáze díky rozdílné metodice.

Dále byly použity anketní průzkumy v mateřských, základních a středních školách poskytnuté Krajem Vysočina, které poskytují matici dojížděky žáků do škol. Z této matice lze preparovat specifické hybnosti i distribuční křivky, které lze použít pro další výpočty.

Jelikož je model zpracováván jako „živý“, je možné v budoucnu jakákoli data o dopravních hybnostech, zonálních datech či distribučních křivkách zpřesňovat.

### 2.4.3 Přepravní vztahy

Přepravní vztah je popis jedné cesty z bodu A do bodu B definovaný zdrojem a cílem. Velikost přepravního vztahu je možné definovat jako sumu všech jednotlivých cest z daného zdroje do daného cíle za modelový čas.

Cílem modelování dopravní poptávky je určení velikosti každého přepravního vztahu mezi každým z okrsků. Výsledek je zapsán do čtvercové matice 755 x 755, která představuje grafický zápis každého vztahu mezi okrsky v buňce definované sloupcem a řádkem (zdrojovým a cílovým okrskem).

Pro matici vztahů platí pravidlo, kde celkový počet zdrojů se rovná celkovému počtu cílů, a to se rovná celkovému počtu dopravních vztahů:

$$\text{suma } DZ = \text{suma } DC = D \text{ (počet dopravních vztahů řešeného území)}$$

Další okrajovou podmínkou je, aby součet všech cest okrsku byl rovný objemu zdrojové dopravy okrsku a suma cílové dopravy okrsku odpovídala analogicky objemu cílové dopravy okrsku. Můžeme hovořit o sumě řádku či sloupce.

Pro tvorbu cest byla použita distribuční funkce pro každou vrstvu poptávkového modelu, jejíž parametry byly stanoveny na základě dostupných dat ČSÚ.

Jediná data dostupná z průzkumů jsou v podobě matic ČSÚ SLDB 2001 o dojížděce do zaměstnání a škol. Data ze sčítání 2011 budou dostupná v polovině roku 2013, a nemohou být proto použita.

Odporovými hodnotami pro tvorbu jednotlivých vztahů je lineární kombinace času a přepravní vzdálenosti.

### 2.4.4 Dělbá přepravní práce

Výpočet dělby přepravní práce určuje, jakým způsobem jsou poptávkové matice rozděleny mezi druhy dopravy. Hodnotí se každý vztah v každé poptávkové vrstvě, kdy dochází k porovnání odporů pro zvolené dopravní módy.

Výpočet je proveden v jednom kroku mezi IAD a veřejnou dopravou. Další dělení mezi jednotlivými druhy veřejné dopravy, tj. vlak a autobus, není proveden metodou logit, ale na základě výhodnosti trasy s možností variací cest v kroku přidělení dopravy na síť.

<sup>2</sup> Dopravní sektorové strategie 2. fáze, Kniha 2 Strategický dopravní model (Sekundární verze), str. 15 (SUDOP PRAHA, NDCOn, Mott MacDonald CZ, 2012)

Parametry logitového modelu a koeficienty pro výpočet generalizovaných nákladů jsou kalibrovány na základě dostupných průzkumů a informací poskytnutých Ministerstvem dopravy a na základě odborného odhadu. Pro stanovení generalizovaných nákladů je použita kombinace času a vzdálenosti.

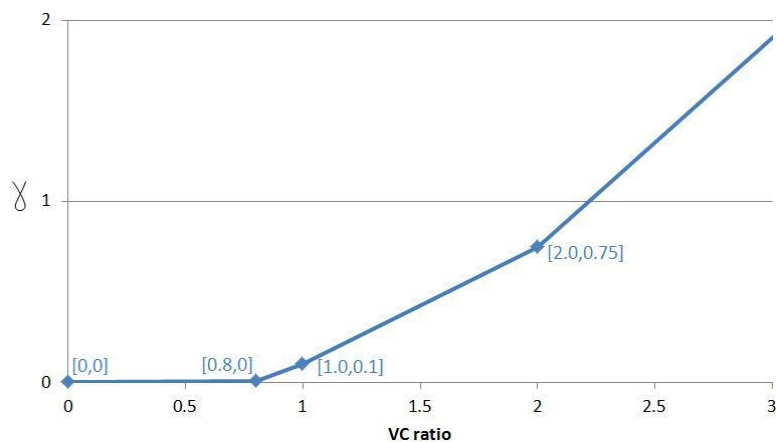
Pro výpočet modal split (dělba přepravní práce) bylo 32 poptávkových vrstev sloučeno do 9 účelů. Pro tyto skupiny jsou generovány matice denních přepravních objemů pro jednotlivé módy.

### 2.4.5 Přřazení na síť

Přřazení na síť bylo provedeno metodou AON pro individuální dopravu. V období, kdy nedochází k přetížení sítě, je použití algoritmů VA nadbytečné. V modelovém období 24 hodin byl použit algoritmus All or nothing, jelikož se nepředpokládá celodenní přetížení sítě uvnitř zájmového území. Toto zjednodušení umožnilo významné zrychlení výpočtu. Zatížení veřejné dopravy je vždy provedeno kapacitně závislou metodou. Výsledkem je zatížení sítě osobní dopravou pro každý z modelovaných druhů dopravy.

Výsledky jsou zobrazeny na modelové síti v podobě pentlogramů, kde tloušťka a hodnota udává dopravní zatížení. Pentlogramy pro IAD jsou provedeny ve vozidlech. Pentlogramy pro veřejnou dopravu jsou provedeny v osobách. Pro každý dopravní mód je proveden samostatný pentlogram.

Pro výpočet přetížení veřejné dopravy byla použita funkce Volumeaveraging se zadáním parametrů pro uživatelské specifikování neochoty cestovat přeplněnými dopravními prostředky veřejné dopravy.



Graf 1: Příklad zadané funkce zohledňující přeplněnost dopravních prostředků veřejné dopravy

### 2.4.6 Kalibrace

Kalibrace modelu je provedena na základě kontroly jízdních dob mezi zvolenými centroidy. Dále jsou kontrolovány další atributy, které silniční a železniční síť obsahují, a dále je kontrolována síť veřejné dopravy na jízdní doby, zastavení na zastávkách a frekvence ve špičce a mimo špičku.

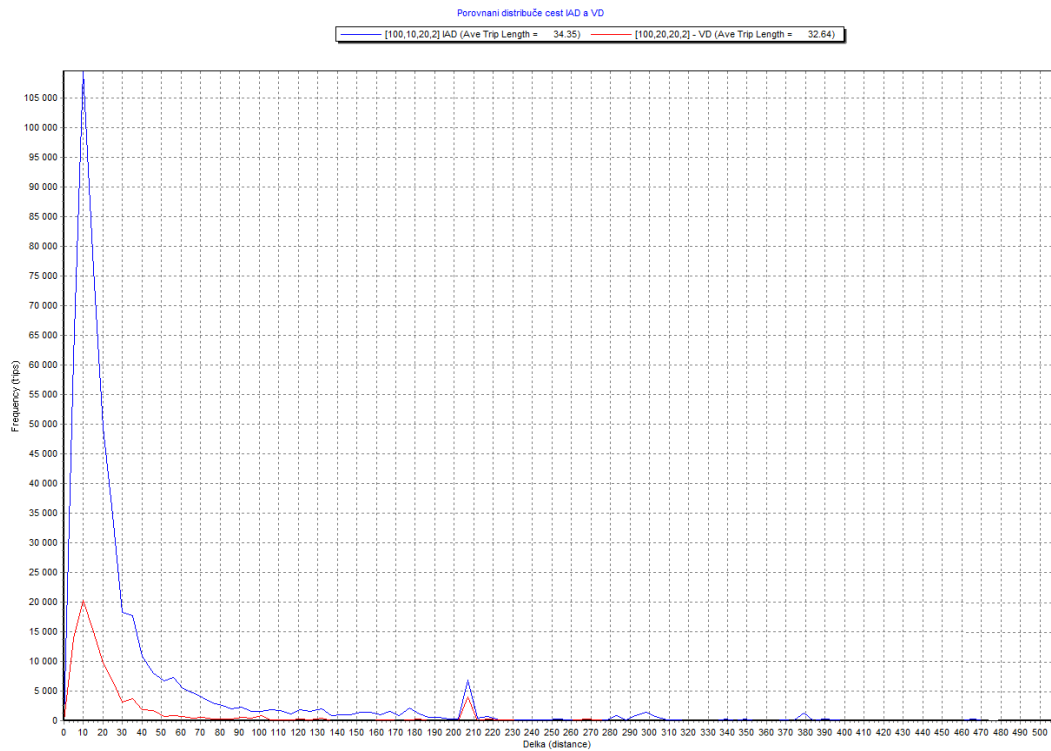
### 2.4.7 Validace

Validace modelu je provedena v několika krocích. Je sledována průměrná vzdálenost v jednotlivých dopravních módech. Je vyhodnocena GEH statistika pro sčítané body na silniční i železniční síti s porovnáním modelové a pozorované intenzity dopravy. Je dokladována

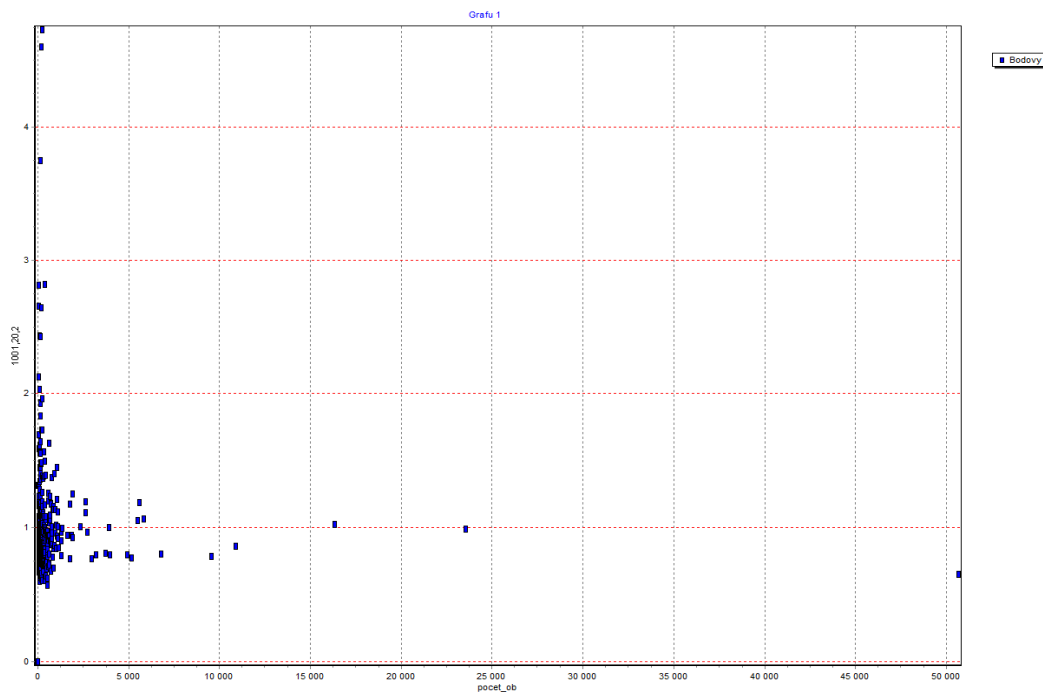
produkce dopravy v jednotlivých centroidech/obcích a je porovnávána celková suma cest ve veřejné dopravě v Kraji Vysočina.

Parametr	Dovolený limit	Dosažený limit	Vstupní hodnota	Modelová hodnota
Celková suma zátěží na counts	0,995 - 1,015	1,011	1305134	1319933
GEH <5%	>85	85,36		
Průměr GEH	<5	2,67		
Cesty VD bez tranzitu	0,95-1,05	1,003	76485	76766
Průměrná přepravní vzdálenost			34,07	31,79*

Tabulka 4 Validační hodnoty modelu dopravy (\* dle ročenky MD 2011 za celou ČR)



Graf 2 Distribuční funkce IAD a VD, na ose x km na ose y frekvence



Graf 3 Objemy cest ze zón na 1 obyvatele za 24 hodin dle lidnatosti dopravních zón



### 3 Shrnutí

Metodika modelu dopravy je zpracována s ohledem na dostupnost podkladů a možnosti validace dopravního modelu. Nabídková strana modelu, která obsahuje výpočet objemů dopravy, tvorbu dopravních vztahů a model dělby přepravní práce, zohledňuje synergie mezi opatřeními na nabídkové straně dopravního modelu napříč dopravními módy díky multimodálnímu přístupu k veřejné i individuální dopravě.

Pro potřeby celodenních výsledků je použita validace na běžný pracovní den. Běžný pracovní den je definován jako průměr za středy v měsících březen a říjen roku 2012 pro veřejnou dopravu a průměr denních intenzit roku 2010 dle celostátního sčítání Ředitelství silnic a dálnic ČR.

Výhledové období krátkodobého, střednědobého a dlouhodobého horizontu dovoluje posuzovat záměry, opatření a aktivity ve strategickém měřítku dokumentace.

Přepravní poptávku v modelu ovlivňují zonální data o území i socioekonomická data o struktuře obyvatelstva v jednotlivých dopravních zónách.

Dopravní síť a vedení linkové veřejné dopravy a drážní osobní dopravy jsou uvažovány do podrobnosti obcí. Zvolené zónové uspořádání dle správních celků, pro které dlouhodobě shromažďuje informace Český statistický úřad, je vhodné pro dlouhodobé plánování a udržitelnost databáze.

Udržitelnost a využitelnost modelu pro budoucí využití a aktualizace strategie je dána zvoleným souborovým systémem, kterým jsou soubory MS Office a ESRI GIS v souřadném systému S-JTSK, jako nejrozšířenější systém geodatabází v ČR.

Model dopravy bude sloužit jako podklad k analýze stávajícího stavu kondice dopravní sítě a zejména ve druhé fázi projektu k posouzení navrhovaných opatření, aby mohly být specifikovány přínosy a slabé stránky navrhovaných řešení.

## Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1: Příklad schématu možného čtyřstupňového modelu (Zenith 4-step Model) .....	7
Obrázek 2: Dopravní zóny modelu osobní dopravy Kraje Vysočina.....	9
Obrázek 3: Ukázka zadání jízdního řádu v databázi softwaru Omnitrans .....	10
Obrázek 4: Připojení centroidu Humpolec na dopravní síť.....	10
Tabulka 1: Atributy modelu.....	8
Tabulka 2: Dojíždějící za prací dle použitého dopravního prostředku (ukázka).....	12
Tabulka 3: Model osobní dopravy, sledované vrstvy poptávkového modelu .....	14
Tabulka 4 Validační hodnoty modelu dopravy (* dle ročenky MD 2011 za celou ČR) .....	17
Graf 1: Příklad zadané funkce zohledňující přeplněnost dopravních prostředků veřejné dopravy .....	16
Graf 2 Distribuční funkce IAD a VD, na ose x km na ose y frekvence.....	18
Graf 3 Objemy cest ze zón na 1 obyvatele za 24 hodin dle lidnatosti dopravních zón .....	18

## Literatura

Český statistický úřad, Krajská reprezentace České Budějovice: Matice pravidelné (denní) dojížděky z výsledků sčítání lidu, domů a bytů k 1. 3. 2001, září a listopad 2004, prosinec 2004

Ředitelství silnic a dálnic České republiky: Výsledky celostátního sčítání dopravy na dálniční a silniční síti v roce 2010

Krajský úřad Kraje Vysočina: Dopravní plán Kraje Vysočina, prosinec 2011

SUDOP PRAHA, NDCon, Mott MacDonald CZ: Dopravní sektorové strategie 2. fáze, Kniha 2 Strategický dopravní model ČR (sekundární verze), listopad 2012

Institute for Transport Sciences (KTI), Budapest: RAILHUC Project, Output 3.2.2, Modelling and simulation methodologies, červenec 2012

Ministerstvo dopravy, Ročenka dopravy 2011