

UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera

**NÁVRH SYSTÉMU VEŘEJNÉ LINKOVÉ
DOPRAVY**
(s podporou matematických metod)

Ing. Jiří Čejka

DISERTAČNÍ PRÁCE

2008

Souhrn a klíčová slova

Současný celosvětový hospodářský rozvoj je charakterizován především globalizací ekonomiky, což klade významné požadavky na dopravu. Doprava je jedním z klíčových faktorů podpory moderní ekonomiky. Zájem o dopravu neklesá, ale neustále se rozšiřuje. Není však vždy možné realizovat nové dopravní systémy. Účinné je optimalizovat a organizovat stávající dopravní systémy, tak aby splňovaly požadavky udržitelného rozvoje a vzrůstající poptávky po přepravě.

Z tohoto důvodu je nutné v dostatečné míře věnovat pozornost řízení dopravních podniků a pochopení zákazníků. Nejde jen o zhospodárnění přepravního a dopravního procesu, ale i finančních procesů, které podnikání v dopravě přináší. V dopravních podnicích tedy půjde o stanovení rozsahu přepravy. Z těchto poznatků se odvodí potřebné prostředky k uspokojování předpokládaných přepravních služeb. Proto je nezbytné určitým způsobem organizovat přepravní proces, zajistit soulad kapacity podniku dopravy s měnícími se požadavky trhu a podle vývoje konkurence odhadnout náklady a tržby podniku.

Při tvorbě strategií, při rozhodování o volbě nejvýhodnějších strategií a při dalších aktivitách lze s úspěchem uplatnit některé z podpůrných systémů rozhodování. Tyto podpůrné systémy usnadňují rozhodování, neboť jejich výsledek zohledňuje ta kritéria, která byla pro ten určitý problém zvolena.

Exaktním nástrojem pro řešení rozhodovacích problémů jsou matematické metody, speciálně metody operační analýzy. V předložené disertační práci je ukázáno, jak lze metod operační analýzy, konkrétně metod pro řešení optimalizačních problémů využít např. v managementu MHD města Č. Budějovic.

Disertační práce obsahuje návrh nového systému veřejné linkové dopravy v Č. Budějovicích s podporou využití matematických metod, konkrétně aplikace přiřazovacího problému. Na základě provedeného dopravního průzkumu přepravních proudů, byla vytvořena matice přepravních vazeb mezi částmi města, které byly označeny jako okrsky. V matici pomocí programu Dumkosa (doplňkový modul XLA) byly přiřazovacím problémem navrženy přepravní vazby - vůbec nejsilnější vazby mezi uzly. Daný postup se následně 4 krát opakoval. Postup byl vždy shodný, avšak na místa přiřazujících sazeb byly zadány další prohibivní sazby. Tak se stalo, že jsme získali až 4 přepravní proudy. Tyto přepravní proudy byly následně proloženy na dopravní síť linek MHD v Českých Budějovicích a byly navrženy úsekové linky odpovídající síle a směru navržených přepravních proudů. Tyto úsekové linky byly dále propojeny dle dopravních zásad a byl navržen celkový dopravní model pro město České Budějovice a nejbližší okolí.

Metodické řešení dopravního modelu navrženého s podporou matematických metod, představuje moderní přístup k navrhování dopravních tras linek města Č. Budějovic a může být aplikováno pro libovolnou městskou hromadnou dopravu.

Klíčová slova:

Dopravní model

Dopravní průzkum

Integrovaný dopravní systém

Linka

Lineární programování

Městská hromadná doprava

Modelování

Operační výzkum

Optimalizace

Přiřazovací problém

Trasa

Summary

Current worldwide economic development is characterized mainly by globalization of economy, and it puts great requirements on transport. Transport is one of the key elements in supporting modern economics. Interest in transport doesn't decrease, while it extends constantly. However it is not always possible to launch new transport systems. It is highly effective to optimise and organize current transport system because it has to fulfil requirements of the sustainable growth and of the increasing run on transport.

On this account it is necessary to take a deep look on running the transport business and understanding the customer. It is about economization of transfer and transport process, and also about the financial processes, which are brought by business in transport. You have to determine the size of transportation. And with these findings you can deduce needed instruments to gratify supposed transport services. So it is necessary to organize the transport process in some way, and to ensure the harmony in transport capacity with changing market requirements, and judge costs and incomes along the development of competition.

You can successfully apply some of the supportive decision systems when you are creating the strategy, or when you are choosing the best strategy. These supportive systems ease decision making because their effect takes into account the criteria, which was chosen for that certain problem. The exact instruments for solving decision problems are mathematical methods, especially the method of

operations research. In submitted doctoral thesis is shown how to use these methods for example in management of České Budějovice urban mass transportation.

Doctoral thesis contains proposal of the new system of urban mass transportation in České Budějovice with using the mathematical methods, concretely application of the assignment problem. Base on the traffic currents inquiry that has been already made, there was created an array of transport connections between different parts of town - the wards.

The strongest connections between the junctions was created and designed in array by program Dumkosa (additional program unit of XLA). The existing procedure was subsequently repeated four times. Procedure was always the same, but in site of assigning rates, there were given another prohibitive rates. So we have up to four transport currents. These transport currents were subsequently spaced on the traffic network of urban mass transportation in České Budějovice, and there were created sectional lines corresponding with power and direction of designed transportation currents. These sectional lines were also connected accordance with transportation principles, and there was created complete transportation model for České Budějovice and neighbourhood.

This is the modern approach to creating the transport lines, and it can be applied to any urban mass transportation.

Obsah:

Souhrn a klíčová slova	2
Summary	3
1. Analýza současného stavu řešené problematiky	7
1.1. Optimalizační modely v dopravě	7
1.2. Moderní přístupy v oblasti matematických metod.....	17
2. Cíl, pracovní postup a metodika disertační práce	20
3. Metody řešení zvolené problematiky (kvantitativní metody v rozhodování)	21
3.1. Využívání kvantitativních metod.....	21
3.2. Metody operační analýzy	22
3.3. Přehled metod operační analýzy	22
4. Současný stav využití matematických metod při navrhování systémů veřejné dopravy ve světě a v České republice	24
4.1. Projekty při modelování, navrhování a úpravy systémů veřejné dopravy v České republice řešené pomocí matematických metod	28
4.2. Projekty při modelování, navrhování a úpravy systémů veřejné dopravy ve světě řešené pomocí matematických metod	31
5. Návrh řešení dopravního modelu komplexního vedení linek veřejné městské a příměstské dopravy aplikované pro město a oblast Č. Budějovic	34
5.1. Úvod k vlastnímu řešení.....	34
5.2. Dopravní průzkum	35
5.3. Zpracování dat a interpretace výsledků průzkumu.....	37
5.4. Matematický model problému a jeho řešení.....	42
5.5. Stanovení významnosti okrsků.	60
5.6. Komplexní návrh vedení linek městské a příměstské dopravy	62
6. Ověření modelu na konkrétním případě řešení v praxi	77
6.1. Správnost vedení některých linek a jejich realizace	77
6.2. Správnost vedení linek v některých základních nejzatíženějších úsecích	78
6.3. Neoprávněnost unáhlených změn vedení linek z roku 2000	79
6.4. Návrh přestupních terminálů v novém modelu dopravní sítě městských a příměstských linek	80
7. Zhodnocení přínosů řešení pro dopravní praxi a vědeckého poznání.....	82

8. Závěr.....	84
9. Přílohy	85
Příloha č. 1 - Praktické výsledky řešení	85
Příloha č. 2 - Dotazník.....	123
Příloha č. 3 – Sčítací tabulka.....	124
Příloha č. 4 – Modelování v prostředí VISEVA – VISUM.	125
10. Seznam použité literatury	126

1. Analýza současného stavu řešené problematiky

Využíváním matematických metod v praxi se zabývá mnoho odborníků v akademické obci (vysoké školy, vědecká pracoviště v mnoha zemích světa). Existují i organizace a centra, která se danou problematikou zabývají ve smyslu řešení problému pomocí metod operační analýzy. Výjimkou nejsou ani samotné dopravní podniky, které využívají služeb těchto metod k řešení vzniklých problémů.

V současné době se řada studií i vědeckých prací snaží do problematiky matematických metod zahrnout i jiné moderní přístupy. Je to dáno zejména tím, že roste náročnost na informační technologie. Při řešení řady procesů lze využívat systémů na podporu rozhodování v oblasti vícekriteriálního hodnocení variant a dalších např. simulačních metod, avšak mnohdy náročné procesy dané komplikovaností řešené problematiky nelze při řešení multikriteriálních problémů využít.

1.1. Optimalizační modely v dopravě

Klasické metody operační analýzy, ale i jiné algoritmy (citované výše) však pro jejich poměrně značnou praktickou využitelnost využívají firmy dodnes i v klasickém „ručním“ řešení (Optimalizace spojů na společném úseku několika vedoucích linek – tzv., „Žilinská kružnice“ více Tuzar (1996), případně využívání principu okružních dopravních problémů, řešených jak ručně tak pomocí počítače). Ani klasický dopravní problém nelze z oblasti v současnosti využívaných metod vynechat.

Matematické metody představují kvalitní nástroj manažerů pro rychlé, správné a spolehlivé rozhodování. V praxi si mnoho firem uvědomuje, že právě důsledky nesprávných rozhodnutí jsou stále vážnější a významnější. Více pojednává Černý (2004)

1.1.1. Efektivita klasických metod operační analýzy

Efektivitu využívání těchto metod nám přibližují následující příklady :

A) Novozélandská dopravní společnost poskytující veřejnou dopravu aplikovala metody operačního výzkumu pro lepší využití vozového parku. Při zachování kapacity poskytovaných služeb se jí podařilo snížit počet provozních vozidel až o 35 % a ušetřit tak značnou část finančních prostředků.. Obdobné příklady lze nalézt u většiny západoevropských dopravních podniků např. (Curych, Bern,...). Více Wisniewski (1997)

B) V Kanadě byl zaveden pomocí lineárního programování optimální převoz cestujících Více Wisniewski (1997)

C) Matematické metody pomohly významně zkvalitnit plánování přepravy nákladu. Problematiku popisuje Vaněčková (1996)

D) Pomocí matematických metod došlo k navržení systému řízení křižovatek v Českých Budějovicích (více Faltus 2006)

E) Pomocí rozhodovacích modelů došlo k návrhu systému recyklace ojetých vozidel (více Volek 1998)

F) V rámci projektu GA-ČR č. 103/96/1711 byl navržen a úspěšně obhájen Simulační model dopravního uzlu (více Šotek 1998)

Velkou důležitost těchto metod si uvědomuje i Česká akademie věd. Jednotlivé výzkumné záměry a projekty se v současné době orientují na využití, rozvoj a prohloubení matematických metod v praxi. ČAV sekce matematiky vypisuje výzkumné záměry v oblasti : Rozvoj a prohloubení obecných matematických poznatků a jejich užití v dalších vědních oborech a v praxi.

„Základní výzkum a další rozvíjení poznatkové báze v reálné a funkcionální analýze, numerické a pravděpodobnostní analýze, v teorii obyčejných a parciálních diferenciálních rovnic, diferenciální geometrii, topologii, matematické logice, teorii složitosti a aplikacích poznatků z těchto oblastí. Zvláštní pozornost je věnována generálnímu rozvoji, který je nezbytný pro úplný a komplexní pokrok v matematickém poznání. Pěstování jedné ojedinělé matematické disciplíny nemůže zaručit harmonický rozvoj matematiky jako celistvého vědního oboru. Některá z konkrétních badatelských témat jsou stimulována přímo pokrokem fyziky a techniky a výsledky výzkumu budou prezentovány jako aplikační výstupy. Ostatní témata jsou zaměřena na vnitřní potřeby komplexního rozvoje matematiky jako integrálního vědního oboru.“

Zdroj : http://www.cas.cz/cz/Dokumenty/vyz_zam_det.php

V této souvislosti se do současné problematiky řady řešitelů (např. Volek (CZ), Šotek (CZ), Kavička (CZ), Černý (CZ, SK), Losche (DE), Kostylev (RUS), V. Bagland, P. Crispel a J.-C. Mateó-Veléz (všichni FRA),...) dostávají nové moderní trendy v oblastech matematických metod, i když klasické metody nezůstávají zapomenuty, zejména pro jejich významnou praktickou využitelnost.

1.1.2. Modelování v oblasti dopravy

Snížení nákladů na dopravní procesy lze kromě jiných finančně náročných způsobů dosáhnout zlepšením řízení distribučních systémů s využitím současných prostředků informatiky a některých matematických metod. Praktickou aplikací se zabývá Vaněčková (1996). V jednotlivých podkapitolách

autor popisným způsobem seznamuje s některými optimalizačními metodami využívanými v dopravě. Větší pozornost je věnována kapitolám 4.1.2.1 a 4.1.2.3, zejména pro jejich významnou praktickou využitelnost.

1.1.2.1. Optimalizace dopravních tras mezi dodavateli a odběrateli

Požadavek racionální dopravy stejnorodého produktu od dodavatelů se známými kapacitami k odběratelům se známými požadavky při daných vzdálenostech mezi dodavatelskými a odběratelskými místy lze formulovat v podobě klasické dopravní úlohy, která je zvláštním případem úloh lineárního programování. Vedle nejjednoduššího modelu dopravního problému se dvěma dimenzemi (dodavatel-odběratel) existují modely vícerozměrných dopravních problémů, v nichž další dimenzi představují mezistanice (např. velkoobchodní sklady), typ dopravního prostředku, druh přepravovaného materiálu apod.

Raskin, Kiričenko (1982) formulovali v podobě trojrozměrného dopravního problému úlohu o přepravě rychle se kazících produktů (např. ovoce nebo mléka) z míst jejich zdrojů přes zpracovatelská zařízení až k zákazníkům v co možná nejkratším čase.

Optimalizace dopravních tras mezi dodavateli a odběrateli je součástí logistických koncepcí, v nichž jde o integraci dopravy s články logistického řetězce, které propojuje. K racionalizaci dopravních procesů je třeba přihlížet např. při řešení rozmisťovacích úloh, ve kterých jde o stanovení optimálního počtu, umístění a velikosti výrobních, zásobovacích a distribučních míst. V těchto úlohách je klasický dopravní problém rozšířen na investičně-provozně-dopravní optimalizaci, kterou popsali např. Feldman (1966), Martinec (1975, 1976, 1982), Kubát (1975), Maňas (1979), Unčovský (1985) a další. Ukázkou matematické formulace takto integrovaně chápané optimalizace je následující model:

Uvažujme r realizovaných skladovacích kapacit, m potenciálních míst skladů a n zadaných míst potřeby. Pro $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, r$ zavedme toto označení:

K_h	= skladovací kapacita v h -té variantě ($K_h > 0$)
b_j	= požadavek j -tého odběratele
s_{ih}	= náklady na výstavbu skladu v i -tém místě pro h -tou variantu
v_{ih}	= náklady na skladování jednotkového množství na i -tém místě pro h -tou variantu
c_{ij}	= náklady na přepravu jednotkového množství mezi i -tým místem skladu a j -tým místem potřeby
x_{ij}	= přepravované množství mezi i -tým místem skladu a j -tým místem potřeby
δ_{ih}	= binární proměnné nabývající hodnoty 1, jestliže v i -tém místě bude vybudován sklad s kapacitou K_h a hodnoty 0 v opačném případě.

Při uvedené symbolice je matematický model pro minimalizaci investičních, skladovacích a dopravních nákladů tvaru :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq \sum_{h=1}^r \delta_{ih} K_h \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{h=1}^r \delta_{ih} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_{ij} \geq 0, \delta_{ih} \in \{0, 1\} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n, h = 1, 2, \dots, r$$

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{h=1}^r \left(s_{ih} + v_{ih} \sum_{j=1}^n x_{ij} + \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \right) \delta_{ih} \rightarrow \min$$

Zvláštním případem rozmisťovací úlohy je optimální rozmístění navzájem kooperujících zařízení z hlediska minimalizace dopravních nákladů. Tuto úlohu formuloval Korda (1967) a Mañas (1979) ve tvaru kvadratického přiřazovacího problému s účelovou funkcí :

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{h=1}^n b_{ij} c_{kh} x_{ik} x_{jh}$$

kde : n = počet rozmisťovaných zařízení

b_{ij} = objem přepravy mezi i -tým a j -tým zařízením

c_{kh} = náklady na přepravu jednotkového množství mezi k -tým a h -tým místem

x_{pq} = binární proměnné nabývající hodnoty 1, jestliže zařízení číslo p bude umístěno na místě číslo q , a hodnoty 0 v opačném případě

1.1.2.2. Optimalizace přímých dopravních tras

Vstupními daty téměř všech úloh zabývajících se racionalizací dopravy jsou přepravní vzdálenosti. Nalezení nejkratší cesty mezi libovolnými dvěma místy v dané dopravní síti s délkově ohodnocenými komunikacemi je předmětem teorie grafů (viz např. Unčovský 1991). Jsou-li jednotlivé komunikace v dopravní síti ohodnoceny svojí propustností (např. maximálně možnou šířkou nebo výškou vozidel v silniční dopravě, maximální hmotností nebo počtem vagónů či vlaků v železniční dopravě), pomocí teorie grafů lze mezi daným vstupem a výstupem najít cestu, která má maximální propustnost ze všech cest spojujících tyto dva uzly.

1.1.2.3. Optimalizace okružních dopravních tras

Některé dopravní systémy představují jednodenní trasy vozidel, začínající a končící ve stejném místě. Příkladem může být svoz pracovníků dopravního podniku na ranní služby, dále i svoz mléka do mlékáren, rozvoz zboží ze skladů k odběratelům, trasa pojízdné prodejny, rozvoz jídel z centrálních vývařoven do stravovacích zařízení, převážení výměnných nástaveb (kontejnerů) automobilovými nosiči apod. Tyto dopravní systémy lze modelovat jakožto tzv. okružní dopravní problémy, jejichž řešení spočívá ve stanovení pořadí navštěvovaných míst tak, aby každé místo bylo navštíveno právě jednou a aby úhrnné přepravní náklady, popř. celkový počet ujetých km po uzavření okruhu byly minimální. Kromě těchto požadavků musí být splněny ještě další podmínky dané omezenou kapacitou dopravního prostředku, omezenou dobou pro absolvování trasy, časovými možnostmi zákazníků pro odběr zboží apod.

Zobecněním okružního dopravního problému je optimalizace okružních dopravních tras s více výchozími stanovišti. Touto problematikou se zabýval např. Martinec (1990) a k zobrazení řešené dopravní situace použil následující model:

Uvažujme s výchozích stanovišť a m navštěvovaných míst. Pro $i = 1, 2, \dots, m + s$ zavedme toto označení:

c_{ij} = vzdálenost mezi i -tým a j -tým místem

x_{ij} = binární proměnné nabývající hodnoty 1, jestliže se uskuteční spojení mezi i -tým a j -tým místem, a hodnoty 0 v opačném případě

X = čtvercová matice řádu $m + s$ s prvky x_{ij}

k = množina matic X splňujících specifické omezující podmínky

Optimalizaci okružních jízd z výchozích stanovišť do navštěvovaných míst lze pak matematicky formulovat takto:

Stanovte minimum účelové funkce

$$G(X) = \sum_{i=1}^{m+s} \sum_{j=1}^{m+s} c_{ij} x_{ij}$$

za podmínek :

$$\sum_{i=1}^{m+s} x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^{m+s} x_{ij} \leq m \quad i = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{i=1}^{m+s} x_{ij} = \sum_{i=1}^{m+s} x_{ji} \quad j = 1, 2, \dots, m+s$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad i, j = 1, 2, \dots, m+s$$

$$X \in k$$

S okružními jízdami souvisí problém optimálního přidělení dopravních prostředků na jednotlivé trasy. Tento problém lze formulovat jakožto zvláštní případ tzv. úlohy o optimálním pokrytí dané množiny, která patří mezi kombinatorické úlohy řešitelné s využitím binárních proměnných (viz např. Maňas 1979).

1.1.2.4. Formulace různého průběhu nákladů na dopravu

Důležitým ukazatelem racionalizace dopravy jsou náklady spojené s přepravou, přičemž ve většině úloh se předpokládá, že

- zadané náklady, které jsou vstupními daty řešených úloh, jsou vztaženy na jednotku hmotnosti přepravovaného materiálu (zpravidla na 1 tunu) případně v osobní dopravě k 1 kilometru;
- náklady na přepravu jednotkového množství po určité trase jsou konstantní;
- náklady na přepravu materiálu jsou přímo úměrné jeho hmotnosti.

Jestliže tyto předpoklady nejsou splněny, nákladové funkce, které vyjadřují závislost přepravních nákladů na přepravovaném množství, mají speciální tvar, jak vyplývá z následujících příkladů, v nichž je použito této symboliky:

x_{ij}	= hmotnost přepravovaného materiálu po trase (i, j)
c_{ij}	= konstantní náklady na přepravu jednotkového množství materiálu po trase (i, j) ; (tzv. jednicové náklady)

1.1.2.5. Kompletace dopravních prostředků

Při kalkulaci nákladů na dopravu může být požadováno, aby tyto náklady byly přímo úměrné počtu použitých dopravních prostředků (třeba jen zčásti zaplněných), nikoli hmotnosti přepravovaného, volně loženého materiálu. Při zadané nosnosti vozidla V a nákladech v_{ij} na jeho přesun po trase (i, j) lze pak nákladovou funkci vyjádřit ve tvaru :

$v_{ij} \left\lceil \frac{x_{ij}}{V} \right\rceil$
nebo
$v_{ij} \left\{ \left\lceil \frac{x_{ij}}{V} \right\rceil + \text{sign} \left(\frac{x_{ij}}{V} - \left\lceil \frac{x_{ij}}{V} \right\rceil \right) \right\}$

Symbol $[x]$ značí celou část čísla x , $\lceil x \rceil$ je horní celá část čísla x , tj. nejmenší celé číslo větší nebo rovné x ; $\text{sign } x = 1$ pro $x > 0$, 0 pro $x = 0$ a -1 pro $x < 0$.

1.1.2.6. Proměnné náklady na přepravu jednotkového množství

V některých dopravních situacích nejsou náklady na přepravu jednotkového množství po určité trase konstantní, ale lineárně závisejí na přepravovaném množství. Potom náklady spojené s přepravou množství x_{ij} jsou dány kvadratickým výrazem $(c_{ij} + d_{ij}x_{ij})x_{ij}$, kde pro $d_{ij} > 0$ jde např. o penalizaci

přepravy po trase (i, j) v důsledku jejího přetížení, zatímco $d_{ij} < 0$ znamená snižování jednicových nákladů na dopravu po trase (i, j) v závislosti na rostoucím objemu dopravy.

1.1.2.7. Doprava s fixními náklady

V některých případech je nutné rozšířit proměnlivé náklady, které jsou přímo úměrné přepravovanému množství po určité trase, o výdaje způsobené tím, že této trasy bude využito, popř. že bude teprve vybudovaná.

Označíme-li d_{ij} výdaje v důsledku využití trasy (i, j) , nákladová funkce bude nabývat hodnot $c_{ij}x_{ij} + d_{ij}$, jestliže $x_{ij} > 0$, a bude nulová pro $x_{ij} = 0$. Tuto funkční závislost můžeme vyjádřit výrazem $c_{ij}x_{ij} + d_{ij} \delta_{ij}$, kde δ_{ij} je binární proměnná nabývající hodnoty 1 pro $x_{ij} > 0$ a 0 pro $x_{ij} = 0$. Označíme-li $m_{ij} = \min(a_i, b_j)$, kde a_i a b_j jsou okrajové podmínky příslušného dopravního problému, vazbu mezi proměnnými x_{ij} a δ_{ij} lze vyjádřit podmínkou $x_{ij} \leq m_{ij} \delta_{ij}$.

1.1.2.8. Doprava s náhodnými požadavky

Obvyklým způsobem řešení dopravních úloh s náhodnými vstupními daty je nahrazení těchto dat jejich očekávanými hodnotami, čímž se ze stochastické úlohy stane úloha deterministická. Získané řešení takto modifikované úlohy nemusí ovšem představovat nejvýhodnější variantu, a proto se doporučuje zachovat stochastický charakter úlohy a použít vhodné pravděpodobnostní modely.

Formulací a způsobem řešení dopravních problémů s náhodnými požadavky odběratelů při různých vztazích mezi skutečnými hodnotami těchto požadavků a dodaným množstvím se zabýval např. Korda (1967), Maňas (1971), Judin (1981), Laščiak (1983), Unčovský (1985) a další.

1.1.2.9. Optimalizace odběrných dní

Při distribuci některého druhu zboží (např. piva) jsou odběratelé zásobováni z jednoho zdroje, ale jen v některých dnech periodicky se opakujícího plánovacího období. Úkolem je přiřadit každému odběrateli kombinaci odběrných dní tak, aby byl uspokojen jeho požadavek, aby v žádném dnu plánovacího období nebyla překročena kapacita dopravního parku, vyčleněna pro zásobování, a přitom aby dopravní náklady na rozvoz zboží v uvažovaném plánovacím období byly minimální. Vstupními daty takto formulované úlohy je seznam odběratelů a jejich požadavky, frekvence zásobovacích dní, množina přípustných kombinací odběrných dní v daném plánovacím období a vzdálenosti mezi všemi uzly sítě tvořené odběrateli a výchozím místem dopravy. Popsanou problematikou se zabýval např. Janáček (1989).

1.1.3. Optimalizace při poskytování služeb

V logistickém řetězci se vyskytuje řada činností s náhodným rozsahem a s náhodnou potřebou (jde např. o nakládání automobilů u odbavovací rampy, o přepravu akumulátorovými vozíky, o balení a uskladňování výrobků apod.). Tyto činnosti, které můžeme charakterizovat jako poskytování služeb s náhodnou dobou obsluhy a s náhodnou četností požadavků na tuto obsluhu, jsou předmětem další disciplíny operační analýzy, a to teorie hromadné obsluhy. Jejím cílem je stanovení takového rozsahu obslužných zařízení a počtu obsluhujícího personálu, aby nedocházelo k jejich prostojům a přitom aby příslušné činnosti probíhaly pokud možno plynule.

1.1.4. Síťové modely

V těchto úlohách jde zejména o navrhování nových sítí, resp. jejich částí, anebo o výběry podsítí, případně jiných významných bodů ze sítí již existujících Černý, Černá (2004).

1.1.4.1. Navrhování zastávek, terminálů pomocí síťových modelů

V praxi se zejména můžeme setkat s návrhy na umístění zastávek, přestupních terminálů (více Drdla 2003,).

V síťových modelech je dále možné uvažovat o „optimální“ vzdálenosti zastávek. Tento problém se však neobejde bez formulace problému „homogenity“ hustoty cestujících. Budeme – li uvažovat případ homogenní (cestující jsou rozmístěni v podstatě se stejnou hustotou), pak minimální vzdálenost zjistíme dle vztahu :

$$x = \sqrt{2dvt}$$

Kde:

x = vzdálenost všech sousedních zastávek na síti hlavního dopravního systému v km

d = průměrná délka cestování v km

tv = zdržení spoje při zastavení a rychlost přesunu pěšky, resp. nižším, doplňkovým dopravním systémem v km/h.

Černý (2004) uvažuje : „Pak by cestující v průměru projížděl d/x zastávek a ztrácel tím dt/x hodin času a dále by v průměru šel pěšky, resp. jel doplňkovým systémem dvakrát $x/4$ km, což by trvalo $2x/4v = x/2v$ hodin. Černý (2004) dále uvádí, že je nutné v tomto případě zanedbávat jízdní dobu v hlavním systému pro jeho velkou rychlost a tím relativně krátké jízdní doby. Pak tedy průměrnou ztrátu, ovlivněnou volbou vzdálenosti zastávek x , tj. funkce $f(x) = dt/x + x/2v$, který byl odvozen derivací $f'(x)$.

$$f'(x) = \frac{-dt}{x^2} + \frac{1}{2v} = 0 \Rightarrow x = \sqrt{2dvt} \quad \text{minimální neboť } f'(x) > 0$$

1.1.4.2. Navrhování soustavy linek

V některých případech jde o problém rozvrhového návrhu dopravní sítě. V podstatě se vybere síť, které se bude využívat v konkrétním dopravním případě. V dalším případě může být tato síť chápána jako podsíť s určitým omezením (zákaz vjezdu těžkých nákladních automobilů, návrh cyklostezek a další). V dalších případech se však mohou navíc určovat trasy, po kterých budou opakovaně proudit dopravní komplety viz Černý (2004). Dle Černého (2004) jde o následující typické problémy :

1. Návrh linek (tras s množinami po nich provozovaných spojů)
2. Návrh dálkových relací (dvojic uzlů a tras mezi nimi, po kterých se budou nepozměněné komplety opakovaně přemísťovat). Více uvádí Černý (2004).

Nutno podotknout, že problematika jednotlivých matematických modelů je velmi významně řešena dalšími odborníky, kteří se zabývají např. matematickým řešením přepravní poptávky, zejména její modelováním, což je velmi významná problematika pro přepravní systémy. Dalšími problémy jsou návrhy pro řízení křižovatek, časové rozvrhy jízdních řádů, navrhování vozidel zejména optimalizace dopravního parku, autobusové turnusy,... Těmito problémy se zabývají (Černý 2004, Černá 2004, Kleprlík 2003, Široký 2000, Kluvánek 1991, Erlander 1974 a řada dalších).

1.2. Moderní přístupy v oblasti matematických metod

Celá řada řešitelů projektů a autorů vědeckých prací využívá v současné době moderní matematické modely a metody. Jedná se např. o problematiku Fuzzy modelování. Vysoký (1996)

1.2.1. Fuzzy modelování

L. A. Zadeh - princip inkompability (neslučitelnosti): „S rostoucí složitostí systému klesá naše schopnost formulovat přesné a významné vlastnosti o jeho chování, až je dosaženo hranice, za kterou jsou přesnost a relevantnost prakticky vzájemně se vylučující jevy.“

Více uvádí Jura (2003)

Uplatnění fuzzy modelování je účelné ve všech případech, kdy se řeší problém spojený s neurčitostí, s nepřesností, případně je problém silně ovlivněn subjektivním přístupem řešitele. Musíme tedy pracovat s neurčitými daty a používání přesných popisů by nás vedlo k idealizování skutečností reálného světa a tedy k odklonu od reality. Fuzzy teorie se snaží pokrýt realitu v její nepřesnosti a neurčitosti.

Fuzzy modelování slouží pro popis jevů, které lze jen obtížně popisovat klasicky (příliš složité či neurčité problémy buď exaktní řešení přímo vylučují, nebo je činí nepoužitelnými).

Základním předpokladem je převod verbálních prvků (vágních pojmů, např. velká vzdálenost, nízká rychlost) do kvantifikované stupnice. Idea fuzzy množiny je velmi jednoduchá a přirozená. Nejsme-li schopni stanovit přesné hranice množiny (v klasickém slova smyslu) určené vágním pojmem, nahradíme rozhodnutí o náležení nebo nenáležení konkrétního prvku do dané množiny určitou mírou vybranou z předem definovaného intervalu viz. Driankov (1993)

V klasické teorii množin prvek do množiny buď patří (úplné členství v množině) nebo nepatří (žádné členství v množině). Fuzzy množina je tedy množina, která kromě úplného nebo žádného členství umožňuje i částečné členství. To znamená, že prvek patří do množiny s jistou mírou příslušnosti – stupněm příslušnosti. Funkce, která každému prvku universa přiřadí stupeň příslušnosti, se nazývá funkce příslušnosti.

Výhodnost fuzzy systému je možné využít právě v oblasti dopravy (např. dopravní a přepravní průzkumy, kde del mého názoru má tento systém zajímavé uplatnění)

1.2.2. Genetické algoritmy

Genetické algoritmy umí nalézat přijatelná řešení v situacích, u nichž známe algoritmus, jakým způsobem se dopracovat ke správnému řešení, ale nejsme toto řešení schopni fyzicky realizovat, (v podstatě jde o úlohy s exponenciální složitostí).

Výhodou těchto algoritmů je i to, že nemusíme znát algoritmus, jak se k správnému řešení dopracovat, ale známe vstupy a výstupy a dokážeme způsob řešení popsat pomocí těchto algoritmů. V podstatě se jedná o to, že generujeme řešení, na která bychom s největší pravděpodobností nepřišli.

Genetické algoritmy umějí řešit také vícerozměrné úlohy. Ty řešíme tak, že každý rozměr zakódujeme samostatně a pak jej spojíme do jednoho celku „chromozómu“. Tím tedy získáme možnost prohledávání vícerozměrných prostorů. S touto problematikou velmi úzce souvisí genetické programování. Genetické programování má stejné techniky jako GA, ale provádí je nad datovou strukturou (více pojednává Navara 2002)

1.2.3. Neuronové sítě

Neuronové sítě jsou dalším velmi významným prvkem v matematickém modelování. Jsou odvozeny z uspořádání neuronů v lidském mozku.

Biologie a matematika mají k sobě velmi blízko a proto lze právě tento matematický systém velmi významně využívat v celé řadě oblastí (nejen dopravních). Problematika se vztahuje např. na možnou předpověď reakce cestujících (obecně zákazníků) při zavedení nového dopravního systému, odhad poruchovosti vozového parku a mnoho dalších nejen dopravních problematik (více viz praktické využití neuronových sítí – pojednáno níže). Problematikou se zabývá např. Teda (1998), Taufer (1998), Drábek (1998) a řada dalších.

Využití neuronových sítí v praxi (Teda 1998) :

- rozpoznávání objektů podle příznaků nebo skupin příznaků
- odhad množství zdrojů potřebných pro realizaci ekonomických aktivit
- nejlepší strategie využití zdrojů pro dosažení ekonomického cíle
- odhad neznámých ekonomických parametrů v budoucím období

Dále je možné neuronové sítě využít, jako alternativu ke statistické metodě časových řad. Např. při odhadu vývoje cen, mzdových nákladů, spotřeby energie a materiálu a dalších nákladů, které

nemají náhodný charakter, při zjišťování závislosti jednotlivých ekonomických ukazatelů, při indikaci chyb ve vstupních datech.

Dále mají neuronové sítě praktický význam pro :

- hodnocení jakýchkoliv ekonomických jevů, jako kvality a spolehlivosti výrobku, spolehlivosti dodavatelů ap.
- oddělení vlivu jednotlivých subjektů na celkový výsledek, pokud je možno hodnotit pouze výsledný efekt

Taufeuer a Drábek (1998) popisují neuronové sítě jako systémy, pracující obecně s libovolným počtem vstupů a výstupů a jsou tedy snadno použitelné pro identifikaci vícerozměrových systémů.

1.2.4. Soft computing

Soft computing (SC) zahrnuje výpočtové metodologie jako jsou zejména fuzzy logika, neuropočítání, genetické počítání atd. SC využívá tolerance vůči nepřesnosti, nejistotě, částečné pravdě a aproximaci k dosažení zvládnutelnosti, robustnosti, nižší ceny řešení a lepšího souhlasu s realitou. Jedním z hlavních cílů SC je vytvořit základy pro navrhování, vytváření a aplikování inteligentních systémů.

Jde o to, aby byly nalézány účinné metody pro situace, kde jsou klasické metody nepoužitelné. Více popisuje Kecman (2001)

Tyto metody se dnes dostávají na přední místa odborných článků, seminářů a jsou základem nového, moderního pojetí matematických metod, a to nejen v dopravních oblastech.

2. Cíl, pracovní postup a metodika disertační práce

Cílem disertační práce je navrhnout model nového systému veřejné linkové dopravy v Č. Budějovicích s podporou využití matematických metod.

V úvodní - teoretické části se obecně zaměřuji na nejdůležitější metody a vytvářím přehled jejich možného využití, které již bylo realizováno, nebo je pro praktickou aplikaci vhodné.

V této části práce jsem čerpal především z dostupné české a zahraniční literatury a z internetových zdrojů. Praktická část práce se vztahuje ke konkrétní situaci ve veřejné linkové dopravě města Č. Budějovic. Lze ji rozdělit následovně :

- organizace dopravního průzkumu v Č. Budějovicích
- zpracování zjištěných dat a jejich začlenění do matematického modelu, který představuje tzv. přiřazovací problém
- vyřešení sestaveného modelu s využitím matematických metod lineárního programování
- vytvoření návrhu linkového vedení v městě Č. Budějovic a jeho okolí s vazbou na IDS
- navržení možných přestupních terminálů, zejména jejich rozmístění
- posouzení praktické využitelnosti použitých matematických metod s ohledem na potencionální poptávku po přepravě, rozvoj dopravy v regionu a začlenění potencionální poptávku po přepravě, rozvoj dopravy v regionu a začlenění potencionální dopravního systému do vytvářeného IDS..

Přínosem práce bude návrh moderního dopravního systému, který bude možné začlenit do tvořícího se Integrovaného dopravního systému Jihočeského kraje a potvrzení toho, že matematické metody mají značný význam při dopravním a přepravním plánování. Práce může také sloužit jako studijní a informační materiál pro obory zaměřené na problematiku dopravního a operačního managementu.

3. Metody řešení zvolené problematiky (kvantitativní metody v rozhodování)

3.1. Využívání kvantitativních metod

Dle Wisniewskiho (1997) bylo by mylné předpokládat, že používání kvantitativních metod v podnikání je výhradní záležitostí matematických a statistických specialistů. V současnosti se naopak očekává, že budou tyto metody znát podnikoví manažeři. Při svém bádání o využívání těchto metod jsem vytvořil dotazník (viz příloha), kterým jsem obeslal některé dopravní firmy (viz seznam v příloze). Výsledky dotazníkového šetření jsou patrné z tabulky č.1. První otázka zněla, zda v manažerském rozhodování firma využívá kvantitativních metod v rozhodování. Z tabulky 1 je patrné, že 76,6 % firem (z 30 dotázaných) některých kvantitativních metod používají. Firmy byly dále dotazovány, aby posoudily užitečnost využívání kvantitativních metod. Výsledek je uveden v tabulce 2. Metodika průzkumu byla převzata (Wisniewski 1997)

TABULKA 1 Podíl firem využívající metody

Firmy využívající metody	76,6 %
Firmy nevyužívající metody	23,4 %

TABULKA 2 Užitečnost metod

Stupeň užitečnosti	Podíl respondentů (%)
Žádný užitek	4,34
Malý užitek	8,69
Průměrný užitek	26,08
Vysoký užitek	17,39
Velmi vysoký užitek	43,47
Celkem	100,0

Z uvedených přehledů lze usuzovat, že výše zmiňované metody jsou často v praxi využívány a nejsou tedy čistě akademickým zájmem.

Firmy, které metody nepoužívají, byly dotazovány na důvody. Přibližně 80% respondentů uvedlo, že hlavním důvodem nevyužívání těchto metod je neznalost této problematiky. Myslím si tedy, že mnoho manažerů se v této oblasti potřebuje výrazně zdokonalit.

3.2. Metody operační analýzy

K nejrozšířenějším kvantitativním metodám, používaným v oblasti organizace a řízení, patří metody operační analýzy (operačního výzkumu, operations research).

Metody operační analýzy umožňují všestranný a objektivní rozbor dané situace, na jehož základě a s využitím exaktních metod poskytují doporučení pro optimální rozhodnutí. Vznik této vědní disciplíny se datuje do období 2. světové války, kdy bylo nutné vypracovat a rozvíjet metody pro rychlé a účinné řešení vojenských operací (odtud název operační). V současné době se zdůrazňuje význam operační analýzy především pro manažerské rozhodování. Někteří autoři (zejména z anglosaských zemí) ztotožňují operační analýzu s manažerskou vědou (management science).

Důležitým rysem operační analýzy je používání modelové techniky. Podstata modelování spočívá v tom, že jeden systém - originál zobrazujeme jiným systémem – modelem. Modelování je založeno na izomorfních vztazích mezi oběma systémy, tzn. musí existovat vzájemně jednoznačné přiřazení všech prvků a vazeb jednoho systému prvkům a vazbám druhého systému a naopak. Výsledkem modelování je model, který představuje záměrně zjednodušený obraz podstatných znaků reality za účelem jeho poznání. Jsou-li zobraz. prostředky matematické povahy, jde o kvantitativní model, který je u operační analýzy nejčastější.

Význam matematického modelování spočívá v tom, že :

- Umožňuje popis systému v kterémkoli jeho stavu, třeba i teprve v zamýšleném
- Urychluje chování systému, které by ve skutečnosti trvalo velmi dlouho
- Umožňuje velmi rychle vyhodnotit změny, které by nastaly v důsledku změn provedených v modelovaném systému, a to – na rozdíl od experimentu v reálném systému – bez nebezpečí jakýchkoli ztrát
- Vnáší pořádek do našeho myšlení tím, že vyžaduje přehledné a stručné vyjádření problému
- Za pomoci informačních a telekomunikačních technologií umožňuje velmi rychlé řešení, a to i rozsáhlých systémů.

3.3. Přehled metod operační analýzy

Operační analýza, kterou se zabývám ve své práci, není uzavřeným vědním oborem a s výskytem nových problémů vznikají další metody. Dosud k nejpropracovanějším metodám z teoretického hlediska i z hlediska praktických aplikací patří následující matematické metody:

Matematické programování – představuje soubor metod umožňujících řešení speciální skupiny optimalizačních úloh, ve kterých jde o výběr optimální varianty při daném kritériu optimálnosti a při daných omezujících podmínkách. Zvláštním případem matematického programování je lineární programování, kdy omezující podmínky i kritérium optimálnosti je vyjádřeno lineárními vztahy.

Strukturální analýza – zkoumá bilanční vztahy mezi jednotlivými odvětvími určitého ekonomického systému a vyhledává rovnovážný stav

Síťová analýza – využívá graficko-analytických metod pro plánování, řízení a kontrolu složitých návazných procesů.

Teorie her – se zabývá řešením konfliktních situací, ve kterých se střetávají zájmy dvou nebo více hráčů

Teorie hromadné obsluhy – zkoumá systémy, v nichž vznikají požadavky na obsluhu a v nichž náhodný charakter těchto požadavků vede k vytváření front. Cílem je nalézt takový způsob obsluhy, při kterém by ztráty vzniklé čekáním na obsluhu i ztráty vzniklé prostoji byly minimální.

Teorie zásob – zkoumá vztahy mezi dodavatelem, skladem a odběratelem. Základním jejím úkolem je stanovení optimální výše zásob a nalezení optimální strategie jejího udržování tak, aby náklady na vyřízení objednávky zboží a na jeho uskladnění (případně ztráty vzniklé neuspokojením zákazníků) byly minimální.

Teorie obnovy – řeší otázky týkající se reprodukce prvků určitého systému, které se časem opotřebovávají a jejichž selhání by mohlo narušit činnost systému. Cílem je stanovit takový postup obnovy, který by zajišťoval minimální náklady na výměnu vadných prvků systému a současně minimální ztráty způsobené narušením jeho činnosti.

Každá z výše uvedených metod předpokládá formulaci úlohy v určitém klasickém standardním tvaru. Tento předpoklad splňují učebnicové příklady (na kterých se příslušné algoritmy vysvětlují a popisují), avšak při řešení praktických úloh je velmi často nutné odchýlit se od standardních modelů a příslušné metody vhodným způsobem modifikovat.

4. Současný stav využití matematických metod při navrhování systémů veřejné dopravy ve světě a v České republice

Z historického hlediska sehrály matematické metody velmi významnou roli, zejména v krizových situacích! S vývojem a pronikáním moderních systémů – nejdříve mechanických, posléze elektronických přístrojů, nabyly tyto metody na významu. Matematické metody se ve své podstatě moc nezměnily, ale významně se díky nástupu počítačů usnadnila jejich dostupnost.

Dochází tak k velmi zásadnímu využívání těchto metod v praxi. Bohužel, je však nutné přiznat, že odborníkům ovládající tyto metody je nedostatek. Co je však možná větší příčinou, že nedochází k využívání matematických metod, je skutečnost že pro některé firmy se jejich využívání jeví velmi problematickým. V ČR i ve světě se tyto metody využívají k řešení velmi rozličných problémů, jedná se zejména o navrhování modelových situací, simulace a řadu dalších, o kterých se zmíním v další části této písemné práce. V našem prostředí to byly a jsou vysoké školy, které zajišťují osvětu a studium těchto metod. Řada vysokoškolských pedagogů se velmi úspěšně angažovala a angažuje při využívání matematických metod v praxi např.: (Volek (CZ), Šotek (CZ), Kavička (CZ), Černý (CZ, SK), Černá (CZ, SK), Phillippe T. (BE) Losche (DE), Kostylev (RUS), V. Bagland, P. Crispel a J.-C. Mateó-Veléz (všichni FRA),... a mnoho dalších).

Ve světě existuje celá řada významných řešitelských týmů, využívajících matematické metody v oblasti dopravy. Jsou to např.

- Centrum studií dopravních a přepravních systémů a urbanismu (CERTU Lyon, France)
- Centrum výzkumu v dopravě (CRT Université de Montreal, Canada)
- Centrum pro studium dopravy (Imperiál College, London, G.B)
- Ústav infrastruktury a plánování (KTH, Stockholm, Sweden)
- Ústav dopravního inženýringu (Univerzita Neapol, Italy)
- Ústav aplikované matematiky (GRT Namur, Belgique)
- Ústav matematiky v dopravě (Göteborg University, Sweden)
- Institut pro dopravní plánování (Univeristät Leopold Franz Innsbruck, Österreich)
- Technická univerzita Drážďany (TU Dresden, Deutschland)
- Technologický institut, inteligentní dopravní systémy (MIT, ITS, Boston, USA)

a samozřejmě řada dalších.

Autor měl možnost při své stáži resp. praxi nejprve v Zürcher Verkehrsbetriebe (Curyšský dopravní podnik) a Zürcher Verkehrsverbund (Curyšský dopravní svaz) poznat jak jsou matematické

metody v dopravní praxi důležité. Pomocí matematických programů využívajících lineární programování jsou řešeny oběhy vozových souprav v dopravním systému. Pomocí simulační techniky se řeší konfliktní situace v dopravě. Dopravní podnik si dále nechává zpracovávat a vyhodnocovat dopravní průzkumy a další dopravní strategie (návrhy tras, optimalizace tras) u soukromé firmy zabývající se touto problematikou. Autorovi se bohužel zatím nepodařilo získat podrobnější informace o této firmě.

Jak jsou matematické metody důležité, píše ve svých pracích Černý (2004), kde se zabývá navrhováním dopravních tras, oběhy vozidel atd.

Dále se mohl autor při svých stážích v Ruské federaci, konkrétně v Dopravním podniku města Petrohradu, setkat s velmi zajímavým využitím matematických metod. Existuje ruční řešení okružního dopravního problému pro výměnu závěsných desek s jízdními řády. Zda-li se však této metody dále využívá, se zatím autorovi nepodařilo zjistit.

V současnosti velmi zajímavou dopravní studií, která by se bez matematických metod neobešla je Studie systému Regiotram NISA. Praktické provedení všech částí dopravního modelování bylo uskutečněno v programovém systému VISEVA a VISUM. V nich jsou integrovány jak nabídka dopravy, tak výpočet poptávky. Vytvoření a vizualizace integrovaného síťového modelu, obsahujícího všechny potřebné elementy jak pro VD, tak pro IAD, byla provedena v prostředí VISUM. Výpočet poptávky s jejími částmi generace dopravy, rozdělení na dopravní okrsky a dopravní prostředky proběhlo pomocí programu VISEVA. Ze zprávy k tomuto modelu cituji :

Dopravní model zájmového území Regiotram Nisa, vytvořený ve spolupráci Fraunhoferova institutu dopravních systémů a infrastruktury a Technické univerzity v Drážďanech představuje první komplexní deterministický model, zahrnující všechny konkurující si dopravní prostředky a zohledňující dopravní chování obyvatelstva, jeho demografickou skladbu a strukturu území. Zaměřuje se především na region, z podstaty dostupných dat nebylo možné vytvořit a kalibrovat městské dopravní síť. Ve své povaze umožňuje určit vliv nejrůznějších změn na dopravu (zatížení komunikací, poptávku ve VD apod.). Mezi ně patří zejména simulace:

- změn dopravní nabídky (např. posílení či redukci VD),
- změn dopravní infrastruktury (např. výstavba nových komunikací či tratí),
- změn dopravního chování obyvatel (např. nárůst motorizace, zvýšení délky přemístění)
- změn demografické skladby obyvatelstva (např. stárnutí obyvatelstva), změn sídelních struktur apod.

Tento postup se neobejde bez matematických metod. Základem je generování poptávky, následuje přidělení k dopravním prostředkům. Poté se využívá Modal split a následně posledním článkem postupu je proložení výsledků na dopravní síť, z čehož vzniká síťový model. Tento postup je znázorněn na schématu (viz příloha), převzatém z prezentace tohoto modelu. Více pojednává Ditrich (2005).

Matematickými metodami byly řešeny i další dopravní modely zejména modely používané například DP města Drážďan (DVB) či Dopravním svazem horní Labe (VVO). Sám autor se pokoušel uskutečnit vyřešení dopravního průzkumu pomocí některých výše citovaných metod pro Dopravní podnik města Českých Budějovic, avšak zejména pro finanční náročnost nebyla tato alternativa zvolena. Autor tedy zvolil jiné řešení, které je součástí předložené disertační práce a popíše tento postup v další části svojí práce.

Nejen Vysoké školy či ústavy matematiky se snaží nabízet k řešení řadu matematických metod. V době tržního hospodářství se tato problematika stává čím dál tím více možnou podnikatelskou činností. V zahraničí, ale i v ČR lze najít řadu firem. Autor si vybral firmu DHV CR. Tato firma se zabývá následujícími činnostmi (převzato z obchodních nabídek firmy).

Společnost DHV CR nabízí svým klientům zpracování různých projektů zaměřených zejména na optimalizaci provozování městské a regionální veřejné dopravy a rozvoj integrovaných dopravních systémů. Činnost DHV CR obvykle zahrnuje:

- vyhodnocení dat z elektronických odbavovacích systémů ve vozidlech veřejné dopravy pomocí vlastního software DHVBus
- vyhodnocení existujících nebo provedení nových přepravních průzkumů na linkách veřejné dopravy, případně provedení dotazovacího šetření v domácnostech
- zjištění aktuálních přepravních potřeb jednotlivých sídel/lokalit, škol, významnějších zaměstnavatelů a dalších subjektů
- vytvoření rámcové matice přepravních vztahů ve vymezeném území a navazujících sousedních oblastech
- celkové posouzení kvality současné veřejné dopravní obslužnosti jednotlivých sídel/lokalit podle frekvence spojů, doby jízdy do významných center a dalších kritérií
- posouzení současné veřejné dopravní obslužnosti z hlediska významných skupin cestujících se specifickými požadavky (například samostatně cestující ženy)
- navržení standardů dopravní obslužnosti pro jednotlivé části obcí/lokality rozdělené podle funkce, významu, velikosti a očekávaného demografického vývoje

- vymezení hlavních směrů veřejné dopravy v návaznosti na regionální/městská centra a nadřazené železniční a autobusové linky
- průzkum všech železničních stanic a zastávek ve vymezeném území z hlediska jejich bezpečnosti pro cestující, účelnosti, dostupnosti z přilehlých sídel a návaznosti na autobusovou dopravu
- průzkum všech autobusových zastávek ve vymezeném území z hlediska jejich řádného označení, bezpečnosti pro cestující, účelnosti a dostupnosti ze všech významných lokalit obsluhovaných sídel (obytné celky, školy, hřbitovy...)
- posouzení existujících a návrh nových přestupních uzlů mezi jednotlivými druhy veřejné dopravy
- podrobné řešení přestupních uzlů z hlediska nutných stavebních úprav, časové a prostorové náročnosti přestupu, bezpečnosti a informování cestujících a odstavení automobilů a jízdních kol
- návrh dalších změn v síti železničních a autobusových zastávek – zrušení nevyužívaných nebo nebezpečných zastávek, přesuny a společné umístění zastávek, přejmenování zastávek, vznik nových zastávek v dosud neobsluhovaných lokalitách
- návrh změn linkového vedení veřejné dopravy s přihlédnutím ke konzervativnímu vnímání změn cestujícími, ekonomice provozu, návaznosti na nadřazenou kolejovou a nekolejovou dopravu, odstranění kapacitně neopodstatněných souběžných spojů a zlepšení dostupnosti dosud opomíjených zdrojů a cílů přepravní poptávky
- návrh základních parametrů jednotlivých linek a nasazovaných vozidel v souladu s přepravními potřebami obsluhovaného území, návrh jízdních řádů a oběhů vozidel
- promítnutí významných rozvojových záměrů ve vymezeném území do návrhu jeho veřejné dopravní obslužnosti
- návrh vhodného tarifu, odbavovacího a informačního systému pro integrované systémy veřejné dopravy
- rozdělení vymezeného území do tarifních zón (případně pásem) pro potřeby integrovaných dopravních systémů
- zpracování grafických materiálů pro veřejnou dopravu (plánky sítě, návrhy jízdních řádů...)

4.1. Projekty při modelování, navrhování a úpravy systémů veřejné dopravy v České republice řešené pomocí matematických metod

Mezi zajímavé projekty, které byly řešeny pomocí matematických metod vybírám následující:

Nový systém MHD Vrchlabí

Komplexní projektová činnost při přechodu financování provozu MHD z Královéhradeckého kraje na Město Vrchlabí. Řešení ekonomických a právních otázek provozování MHD, úpravy jízdních řádů a linkového vedení, návaznosti na regionální železniční a autobusovou dopravu, zřízení nových a přejmenování některých současných zastávek, projednání návrhů, grafické řešení jízdních řádů a plánu sítě, tiskové zprávy.

Optimalizace provozu MHD v Liberci

Komplexní návrh dopravní technologie, organizace a způsobu financování provozu MHD v Liberci. Provedení průzkumu přepravních proudů, definice standardů veřejné dopravní obslužnosti, návrh změn linkového vedení a sítě zastávek, návrh úpravy smluvního vztahu mezi dopravcem a objednatelům veřejné dopravy, problematika začleňování MHD do IDS, ekonomické analýzy a rozborů.

Školní a zaměstnanecká doprava ve Velkém Oseku a okolí

Řešení školní a zaměstnanecké dopravy do TPCA ve venkovském regionu včetně návrhu jízdních řádů, posouzení organizace provozu z hlediska právních předpisů v oblasti linkové osobní dopravy a poskytování žakovského jízdného a výpočtu ekonomických ukazatelů provozu.

Optimalizace MHD v České Lípě

Celková provozně-ekonomická optimalizace systému MHD v České Lípě. Provedení dotazníkového průzkumu v domácnostech a sčítacího průzkumu ve vozidlech, návrh linkového vedení a zhodnocení ekonomiky provozu, specifické řešení pro obsluhu průmyslové zóny.

Rozšíření kolejového systému města Liberce

Technicko-ekonomické posouzení dvou navržených variant tramvajové tratě z centra města Liberce do městské části Rochlice. Provedení dopravního průzkumu a modelování.

Šumavské elektrické dráhy

Studie proveditelnosti stavby a provozu nového železničního dopravního systému v oblasti Šumavy. Provedení dopravně-ekonomického hodnocení, navrhování a modelování dopravních spojení.

Optimalizace veřejné dopravy v Ústeckém kraji

Analýza současného stavu veřejné dopravy, modelování a navrhování nových dopravních variant.

Městská autobusová doprava Třebíč

Analýza současného stavu MAD v Třebíči, návrhy a modelování dílčích změn. Provedeny také přepravní průzkumy.

Optimalizace veřejné osobní dopravy v okrese Prostějov

Zpracování přepravních průzkumů, návrh optimalizace veřejné dopravy na území okresu a města Prostějova.

Studie „Zlepšení infrastruktury na regionálních tratích Plzeňského kraje - Český les a Pošumaví“

Projekt řeší obnovu železnic regionálního typu v závislosti na zapojení železniční dopravy do dopravního systému kraje, státu a přeshraniční dopravy. Firma KPM CONSULT, a.s. v projektu zabezpečuje analýzy a modelování dopravních proudů v osobní dopravě v závislosti na vnitrozemskou dálkovou dopravu, přeshraniční dopravu a dopravu regionální, modeluje a navrhuje sestavu plánu linek a tvorbu grafikonů. Řešení se odráží od controllingu veřejné dopravy Plzeňského kraje, proto součástí práce je i minimalizovaná studie rozvoje ITS podpory regionální veřejné dopravy s cílem včlenit železniční dopravní systém regionálních drah do dopravního systému regionu. Na základě uvedených atributů je navržena stavební a technická obnova těchto tratí.

Studie organizačně technické a investiční přípravy rozvoje kolejové dopravy v příhraniční oblasti Šumavy

Projekt řeší obnovu železnic regionálního typu v závislosti na zapojení železniční dopravy do dopravního systému kraje, státu a přeshraniční dopravy. Firma KPM CONSULT, a.s. v projektu zabezpečuje analýzy a modelování dopravních proudů v osobní dopravě v závislosti na vnitrozemskou

dálkovou dopravu, přeshraniční dopravu a dopravu regionální, modeluje a navrhuje sestavu plánu linek a tvorbu grafikonů.

Integrovaný dopravní systém v brněnském regionu

Realizace integrovaného dopravního systému předpokládala kontrolu modálního rozdělení dopravních toků a bylo tedy nezbytné, aby volba uživatelů byla vyjádřena nejen prostřednictvím kritérií užitečnosti, ale aby byla i výsledkem hodnocení ovlivněných všeobecnou dopravní politikou.

Při realizaci integrovaných dopravních systémů je výše uvedená dopravní politika velice důležitá, jelikož je schopná významně ovlivnit volbu uživatele.

S cílem vytvoření integrovaného dopravního systému a zajištění plánovaného úspěchu kolejové dopravy bylo nutné přijmout několik rozhodnutí týkajících se systému veřejné dopravy:

- realizace placených parkovišť v centru města,
- částečný nebo úplný zákaz vjezdu automobilů do historického centra,
- omezení vjezdu meziměstských autobusů do centra města Brna,
- konečné zastávky meziměstských autobusů ve vhodných železničních stanicích,
- posílení regionální železniční dopravy.

Souhrn výše uvedených opatření v rámci služby veřejné dopravy byl předpokladem pro zavedení integrovaného dopravního systému v regionu.

Prvním nezbytným krokem pro dimenzování potřebných infrastruktur bylo stanovení poptávky po přepravě v roce 2020 a to na základě následujících předpokladů o vývoji stávající situace:

- nárůst osobní dopravy v důsledku lepších sociálně-ekonomických podmínek a zvýšení ukazatele motorizace,
- zlepšení regionální veřejné dopravy prostřednictvím vytvoření integrovaného dopravního systému schopného sloučit různé druhy dopravy a způsobilého k zavedení tarifní integrace,
- převedení části individuální automobilové dopravy na veřejnou hromadnou dopravu a to především na dopravu kolejovou,
- plánované převedení dopravy z meziměstských autobusových linek na železnici.

Na základě výše uvedených parametrů byly přepočítány výhledové dopravní toky. V tabulce jsou uvedeny výsledky přidělování provozních proudů pro rok 2020 vyjádřené v cestujících za den.

Tab. č. 3- Objem osobní dopavy předpokládaný v roce 2020 během 24 hodin

Z	DO	Železniční doprava		Meziměstská autobusová doprava		Městská hromad. dop.		Individuální automobilová doprava		Cestující celkem
		Cestující	%	Cestující	%	Cestující	%	Cestující	%	
Brno m.	Brno m.	0	0	696	0	321 797	52	294 707	48	617 200
Brno m.	Brno v.	11 640	13	14 889	17	4 233	5	56 215	65	86 977
Brno v.	Brno m.	7 143	8	19 223	21	3 334	4	60 046	67	89 746
Brno m.	mimo Brno v.	32 027	49	2 729	4	0	0	30 085	46	64 841
mimo Brno v.	Brno m.	33 957	52	2 729	4	0	0	29 161	44	65 847
Brno v.	Brno v.	2 315	1	23 392	14	1 591	1	136 809	83	164 107
Brno v.	mimo Brno v.	7 743	21	3 654	10	0	0	25 810	69	37 207
mimo Brno v.	Brno v.	13 377	37	3 704	10	0	0	19 536	53	36 617
celkem		108 202	9,3	71 016	6,1	330 955	28,5	652 369	56,1	1 162 542

(Brno m. - Brno město, Brno v. - Brno venkov) (zdroj Magistrát města Brna)

Tyto jednotlivé příklady z praxe, jednoznačně dokazují, že podíl matematických metod při navrhování, případně modernizaci dopravního modelu mají široké uplatnění a jejich používání není čistě akademickým zájmem.

4.2. Projekty při modelování, navrhování a úpravy systému veřejné dopavy ve světě řešené pomocí matematických metod

Mezi zajímavé projekty, které byly řešeny pomocí matematických metod, vybírám následující:

Řešení dopravní obslužnosti regionu YOGYAKARTA

Projekt modeluje a navrhuje možnosti dopravní obslužnosti v regionu YOGYAKARTA v Indonésii. Přístup k řešení je odvozen od jednotlivých úrovní budoucího controllingu veřejné dopavy v oblasti.

Optimalizace linek MHD v Rize

Dopravní model MHD v Rize, optimalizace sítě s cílem nalezení takového linkového uspořádání sítě autobusů, tramvají a trolejbusů, které při minimálních provozních nákladech vyhoví přepravní poptávce.

Studie MHD v Omsku a Kostromě

Pilotní projekty v oblasti organizačních změn systémů MHD v ruských městech. Optimalizace linkového vedení, přechod od centrálního rozhodování k poptávkové orientaci služeb.

STUDIE MHD v Sarajevu

Preference tramvajové dopravy byla modelována v souladu s vytvořenou studií, takže bylo možné ověřit a optimalizovat výstupy celé studie.

Simulace byla provedena ve dvou základních krocích.

- 1.) simulace šesti velmi zatížených křižovatek s preferencí tramvajové dopravy
- 2.) simulace celé tramvajové linie.

První krok simulace naznačoval zda dojde ke zhoršení individuální automobilové dopravy či nikoli, druhý krok simulace prezentoval celkovou dosažitelnou úsporu tramvajové dopravy. Pro modelování bylo použito dat z dopravních průzkumu jednak individuální automobilové dopravy, jednak i tramvajové dopravy.

Návrh dopravního modelu Curyšského dopravního svazu

Dopravní systém města Curychu a Winterthuru byly navrženy pomocí matematického modelu. Jeho vzniku předcházely dlouhé přípravy, průzkumy přepravních proudů, vytíženosti, sčítání cestujících. Na základě matematického modelu, dle informací mluvčího ZVV (Curyšského dopravního svazu) Dominika Berneta, byly vytvořeny základy pro fungování tohoto integrovaného dopravního systému. Modelování a následnou simulaci prováděla nezávislá společnost. Její jméno a sídlo se však autorovi práce nepodařilo zjistit.

Návrh dopravního modelu – rozšíření tras vídeňského metra

Vídeňské metro je hlavní součástí dopravního systému hlavního města Rakouské republiky. Na základě matematických metod byl vytvořen projekt a následná simulace prodloužení trasy metra ze stanice Kagran do stanice Leopoldau. V současné době již tato trasa metra funguje. Zahájení provozu 2.9. 2007.

Návrh obměny desek se zastávkovými jízdními řády v Sank-Peterburgu

V oddělení města odpovědné za provoz městské dopravy existuje model, který byl řešen jednoduchým systémem okružního dopravního modelu pro výměnu zastávkových desek, na kterých jsou uvedeny jízdní řády. Model zpracovávala Státní Petrohradská univerzita – oddělení matematické problematiky.

Návrh prodloužení tramvajového systému v rakouském městě Linz

Prodloužení tramvajové linky z Hillerstrasse do městečka solar City vděčí město Linz, konkrétně Linz A.G. Linien matematickému modelu osidlování příměstských oblastí s vyznačením efektivních zátěžových proudů, proto již v současné době dochází k před přípravě prodloužení této linky (Linka č. 2 Universität – solar City) dále do blízkého okolí k městečku Pichling.

Návrh a simulace dopravního modelu Regiotram Nisa

Více pojednáno v kapitole 4.

Další zahraniční modely řešené matematickým postupem jsou uvedeny v teoretickém textu, a to zejména v kapitolách : 4.1.1 a 5.

5. Návrh řešení dopravního modelu komplexního vedení linek veřejné městské a příměstské dopravy aplikované pro město a oblast Č. Budějovic

5.1. Úvod k vlastnímu řešení

Komplexní návrh dopravního systému vyžaduje součinnost některých vědních oborů (ekonomiky, informatiky, sociologie), technických disciplín (dopravní, stavební i strojní inženýrství) i činností uměleckého rázu (urbanismus, architektura, design). Proto je vhodné pro potřeby této práce zvolit určité zjednodušení. Při navrhování dopravních systémů lze vytipovat pravidla, která se opakují a mohou posloužit jako základ k dalším úvahám. Pro správný postup je nutné dodržet pořadí následujících kroků při řešení dopravního problému:

1. funkční uspořádání města
2. organizace a řízení dopravy
3. návrh nebo modernizace dopravních systémů
4. regulační opatření

Na prvním místě je vhodné věnovat pozornost funkčnímu rozdělení města. Cílem je eliminace všech stupňů zbytné dopravy.

Struktura města je základem pro vytvoření dopravního systému, případně jeho modernizaci, v přímé závislosti na předchozím kroku.

Dalším bodem v postupu řešení jsou organizační opatření a řízení dopravy s cílem optimalizace využití stávajících i nově vytvořených dopravních spojení.

V poslední řadě přicházejí regulační opatření některých dopravních spojení.

Současná praxe je dokladem přesně opačného postupu při řešení dopravního problému. Uplatňována jsou nejprve opatření omezujícího charakteru jako nejjednodušší a nejprimitivnější způsob řešení. Ta však stejně nebývají dodržována a mají často mizivý účinek. Teprve poté se opatrně přistupuje k optimalizaci řízení dopravy. Koncepční systémové pojetí dopravy, zahrnující první až třetí krok, se tak dostává do pozadí na úkor krátkodobých restriktivních opatření.

Koncepční práci předchází analýza současných dopravně - urbanistických vazeb, vyhotovená na základě dlouhodobě prováděných dopravních průzkumů. Tato analýza slouží jako základní materiál pro krátkodobou, střednědobou i dlouhodobou prognózu vývoje dopravních nároků v území (např. hustoty obyvatelstva). Prognóza vývoje se opírá rovněž o územní plán, který řeší budoucí rozložení

urbanistických funkcí v území. Dalším zdrojem jsou sociologické průzkumy v oblasti stávající i budoucí demografické skladby obyvatelstva.

To vše dohromady vytváří obraz o možném rozložení zdrojů a cílů dopravy včetně její intenzity a dělby přepravní práce. Při modernizaci stávajícího systému dopravy je účelné provést rozbor současného stavu. Výsledné systémové řešení obsahuje kritéria návrhu, popis projekčního postupu, výčet alternativních řešení základní sítě MHD a příměstské dopravy a zhodnocení vybrané varianty včetně její bilance.

5.2. Dopravní průzkum

Od roku 2000, kdy doznala českobudějovická síť MHD koncepčních změn, nebyl proveden komplexní průzkum přepravních vztahů. Veškeré pozdější zásahy tak vycházely jen z určitých, více či méně mylných předpokladů, a jejich výsledek se "ověřoval" přímo v provozu. Ověřit současné přepravní vztahy a potvrdit existující linkové vedení, případně podmínit jeho inovaci, bylo cílem přepravního průzkumu organizovaného autorem práce, Vyšší odbornou školou a střední průmyslovou školou automobilní a technickou ve spolupráci s Dopravním podnikem města České Budějovice a magistrátem města. Pro jeho uskutečnění byly vybrány dva pracovní dny, středa 23. listopadu a čtvrtek 24. listopadu 2005. První den probíhal průzkum v dopoledních hodinách (od 5:30 do 11:30), druhý den pak v odpoledních hodinách (od 11:30 do 17:30) .

Přepravní průzkum byl koncipován jako směrový, dotazový. Zjištěná data slouží ke zjištění přepravních vztahů mezi jednotlivými částmi města i okolními obcemi. Celé území obsluhované MHD bylo rozděleno na 26 okrsků, které byly označeny písmeny A až Z. Volba okrsků se odvíjela od urbanistické struktury území s cílem vytvořit vysoce homogenní celky (z pohledu hustoty zalidnění a funkčního charakteru území) s odpovídajícími nároky na dopravní obsluhu systémem MHD. Rozdělení území do okrsků je patrné z tabulky na následující straně. Na průzkumu participovalo denně 160 studentů. Každý sčítač byl vybaven mapkou sítě MHD s vyznačenými okrsky a seznamem všech zastávek MHD, opět s přiřazením k příslušnému okrsku. Většina zastávek na území města byla obsazena jedním nebo dvěma studenty, koncové úseky méně frekventovaných linek pak byly pokryty jedním sčítačem v určitém úseku. Dotazování cestujících probíhalo otázkou "Do jaké cílové zastávky jedete?". Sčítač zařadil odpověď do jednoho z okrsků a zaznamenal cílový okrsek do příslušného formuláře viz příloha .

Přehled přepravních okrsků

kód specifikace okrsku (část města, obec, oblast, zastávka, objekt)

A Máj, Šumava, Univerzita, Čtyři Dvory, Zavadilka, Haklovy Dvory

B Boršov nad Vltavou, Březí, Včelná, Vrábče, Kroclov, Jamné, Zahorčice, Koroseky obec

C Senovážné náměstí, Žižkova, Alešova, Jeronýmova

D Dobrá Voda, Kaliště, Nové Třebotovice, Kovárna, Hraniční (Nové Hlinsko), Vrbenská ulice

E Nemanice, Borek, Úsilné, U Chromých

F Rudolfov, Vráto obec

G Garáže ČSAD, ulice U Sirkárny, Husova kolonie, Žerotínova

H Hluboká nad Vltavou, Hosín, Hrdějovice, Kněžské Dvory

I Družba - IGY, U Trojice

J PK Jih, Nemocnice, U Soudu, U Vodárny, U Zimního stadionu, Grünwaldova, Náměstí Jiřího z Poděbrad

K Havlíčkova kolonie, Motor Mladé

L Litvínovice, Šindlovy Dvory, Mokré, Autocamping, Letiště, Planá, Homole, Nové Homole, Dvůr Koroseky

M Mariánské náměstí, U Zelené ratolesti, Poliklinika Sever

N Nádraží (ČD i ČSAD), U Konička

O Okružní ulice

P Palackého náměstí, Jírovцова, Skuherského

Q Pražské sídliště, Průběžná, Čéčova

R Rožnov, Náměstí Bratří Čapků, Papírenská, Boženy Němcové, Jana Buděšínského

S Suché Vrbné, Srubec, Stará Pohůrka, Pohůrka, Pětidomí, Plynárna

T Vltava (U Hvízdala), Vltava střed, U Výměníku, České Vrbné, Globus

U U Severní zastávky, Budvar, Hřbitov, Hany Kvapilové (Bosch), Okružní - rozcestí, vozovna trolejbusy

V Vráto zastávka, Nové Vráto, Rudolfovská ulice za viaduktem, Dobrovodská, Vrbenská

W Vidov, Roudné, Nové Roudné, U Jižní zastávky, Vítězslava Nováka

X Strakonická - Roller (Baumax), Suchomelská (Terno), Voříškův dvůr (Obchodní zóna Pražská ul.)

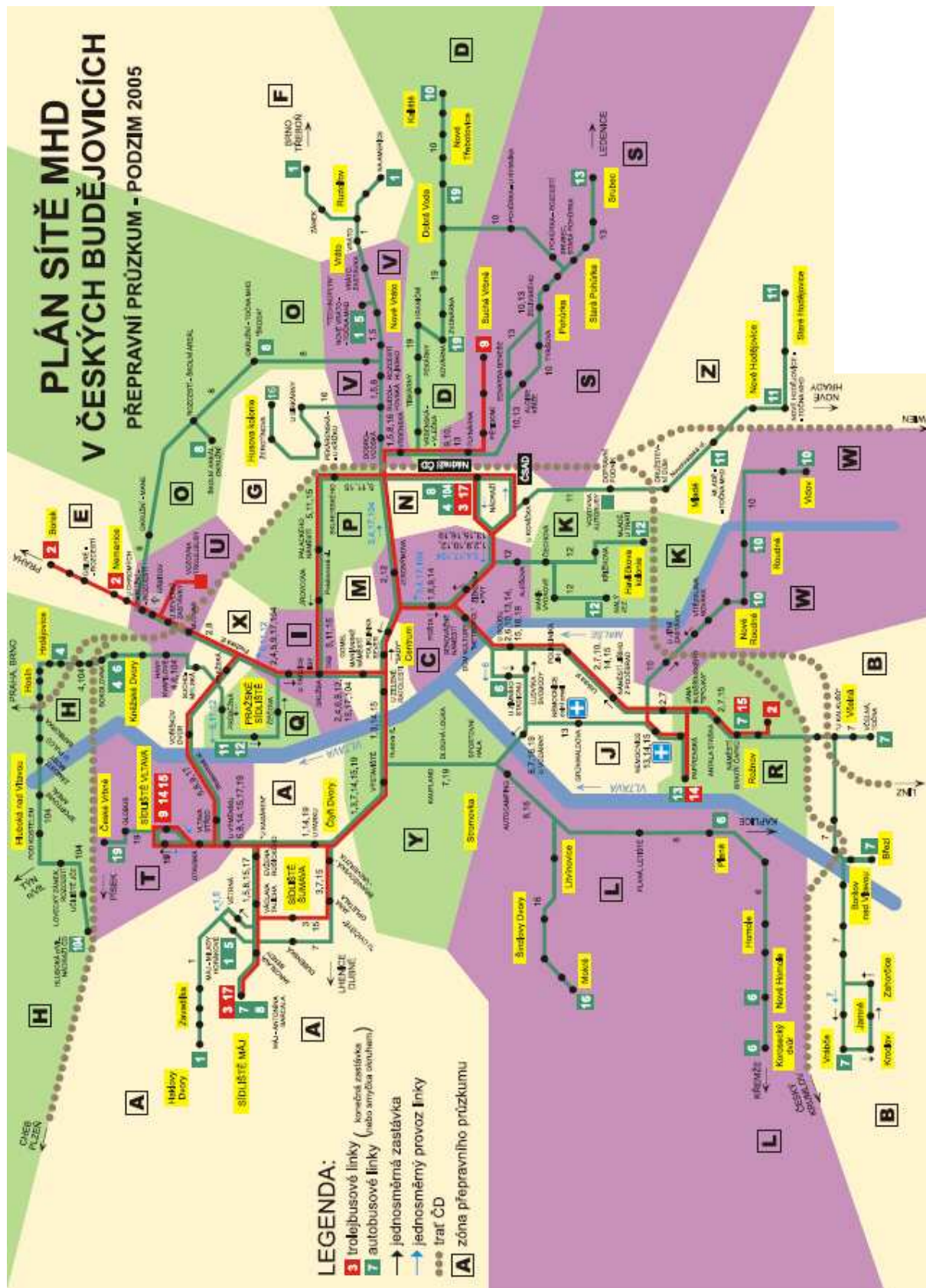
Y Výstaviště (hlavní brána)

Z Dopravní podnik (vozovna autobusy), Mladé, Nové Hodějovice, Staré Hodějovice

(Viz také obrázek č. 1 v příloze)

6.3. Zpracování dat a interpretace výsledků průzkumu

Zjištěná data byla zpracována do matice přepravních vztahů, která je zapsána v tabulce č.4 . Z tabulky lze zjistit absolutní počet cest v každém směru zvlášť (například z A do N a z N do A). Pro porovnání je třeba danou hodnotu vztáhnout k celkovému počtu cest, a to buď zdrojových nebo cílových.



Obrázek č. 1 Zóny dopravního průzkumu

počet	Σ	z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Σ
db	735	1221	75	390	109	20	41	50	228	619	2	10	1937	968	149	89	24	207	168	292	167	286	4	288	328	31	1105		
db	540	120	22	16	1	9	2	1	0	10	175	0	2	24	46	1	8	9	9	17	20	0	6	0	7	34	1		
db	5110	1296	48	12	175	125	133	26	46	320	351	55	245	219	68	6	26	166	362	385	400	69	212	192	113	48	31		
db	938	60	2	162	79	27	5	0	3	29	106	0	3	6	248	2	11	13	7	22	77	5	25	1	27	11	7		
db	1022	45	7	94	19	47	23	0	3	152	88	1	2	249	86	3	13	5	49	31	26	43	9	1	20	2	4		
db	1089	158	1	278	6	16	19	2	6	11	41	0	0	173	168	0	11	19	16	7	25	2	52	0	57	13	8		
db	381	47	3	42	2	21	23	4	2	13	40	2	14	3	74	0	2	5	20	11	9	2	17	0	11	7	7		
db	987	50	3	113	2	11	8	0	24	146	72	0	4	146	150	1	7	9	5	64	16	0	7	0	146	1	2		
db	3472	538	11	152	28	260	36	1	158	6	269	21	64	308	293	2	83	115	119	202	352	184	53	7	111	12	147		
db	677	1356	317	692	120	232	57	22	63	289	460	0	158	423	644	7	86	146	397	407	322	73	109	105	74	63	55		
db	469	18	0	38	2	1	0	2	27	33	3	11	0	42	131	3	3	53	7	18	23	1	4	0	46	0	3		
db	810	21	0	318	3	20	2	2	29	40	75	0	50	68	75	0	3	52	2	29	6	1	10	0	4	0	0		
db	6522	2155	27	145	38	266	160	1	140	282	276	44	85	112	245	10	25	205	162	355	964	275	286	2	156	69	27		
db	6703	1505	23	162	288	285	150	60	96	395	487	43	30	272	32	220	135	175	145	411	388	249	386	68	123	108	469		
db	720	147	1	12	4	14	17	0	5	9	41	0	6	41	171	7	13	0	16	15	52	36	50	0	53	2	8		
db	829	98	7	7	11	81	12	0	7	136	48	0	0	3	178	0	3	58	23	10	53	3	17	0	27	3	44		
db	1120	150	6	37	17	7	5	1	39	151	49	6	3	115	151	1	75	34	36	56	22	7	15	1	88	4	44		
db	1821	185	131	256	15	43	15	3	6	80	307	0	1	167	183	12	21	27	51	145	38	49	22	0	24	33	7		
db	2570	173	13	496	4	8	10	4	5	141	439	0	4	228	450	3	16	19	140	120	91	10	77	11	78	16	14		
db	3612	484	19	248	92	59	28	0	34	216	305	9	11	847	314	14	39	10	84	115	142	52	138	4	222	92	34		
db	1518	236	4	79	12	189	13	0	10	109	86	0	4	267	111	22	7	18	50	45	95	22	35	0	97	0	7		
db	1167	139	3	151	29	0	37	5	5	40	30	2	2	167	208	16	24	19	13	38	51	0	137	0	37	3	11		
db	384	5	0	195	0	8	3	1	0	1	48	0	0	2	56	1	4	4	3	26	4	0	7	6	6	0	4		
db	1532	204	8	67	27	1	20	0	53	82	93	19	19	241	147	27	39	5	22	110	177	23	60	4	24	3	57		
db	1610	425	47	49	80	20	29	0	2	26	151	0	2	315	102	5	16	5	81	51	95	10	85	0	7	0	7		
db	1361	31	0	2	15	17	10	1	8	198	21	0	2	11	734	0	59	62	7	20	10	3	10	1	59	4	76		

Tabulka č.4 Výsledky dopravního průzkumu – počty cestujících

Pro snazší orientaci ve výsledcích průzkumu byla provedena tato úprava:

- ▣ počet cest v jednom směru a počet cest stejné relace v druhém směru byl sečten
- ▣ rovněž byl sečten celkový počet cest z okrsku a celkový počet cest do okrsku

(více viz tabulky č.6 a 7)

Takto získané hodnoty říkají, jaký podíl mají jednotlivé přepravní vztahy v závislosti na zkoumaném okrsku. Zvolený postup umožní rovnovážný pohled na jednotlivé okrsky, bez ohledu na jejich podíl na celkovém počtu realizovaných cest v území obsluhovaném MHD a možné využití lineárního programování (více viz Volek, Vaněčková, Pitel).

V následujícím přehledu (viz tabulka 5) jsou pro všechny okrsky zaneseny významné přepravní vztahy.

Pro doplnění je nutné uvést, že přepravní vztahy jsou chápány jako obousměrné (vyplývá ze způsobu zpracování zdrojové matice).

zdrojový okrsek		cílové okrsky - podíl na celkovém počtu cest									
kód	pracovní název	kód	podíl	kód	podíl	kód	podíl	kód	podíl	kód	podíl
A	Máj, Šumava	M	22 %	A	13 %	N	13 %	J	11 %	C	9 %
B	Boršov nad Vltavou	J	37 %	A	15 %	R	11 %	C	5 %	N	5 %
C	Senovážné náměstí	A	18 %	J	11 %	S	9 %	R	7 %	T	7 %
D	Dobrá Voda	N	25 %	C	16 %	J	11 %	A	8 %	T	8 %
E	Nemanice	M	18 %	I	15 %	N	13 %	J	11 %	C	8 %
F	Rudolfov	C	21 %	M	17 %	N	16 %	A	10 %	V	5 %
G	Husova kolonie	N	25 %	C	13 %	J	12 %	A	11 %	F	5 %
H	Kněžské Dvory	I	17 %	M	16 %	N	14 %	X	11 %	C	9 %
I	U Trojice, Družba	A	12 %	M	9 %	N	9 %	T	9 %	J	8 %
J	Linecké předměstí	A	17 %	N	10 %	C	9 %	J	8 %	S	7 %
K	Havlíčkova kolonie	N	25 %	C	14 %	M	13 %	X	10 %	Q	9 %
L	Homole, Litvínovice	C	37 %	J	15 %	M	10 %	I	7 %	L	7 %
M	Mariánské náměstí	A	32 %	T	14 %	I	5 %	J	5 %	S	5 %
N	Nádraží	A	20 %	J	9 %	S	7 %	T	6 %	I	5 %
O	Okružní	N	32 %	A	24 %	X	6 %	T	5 %	U	5 %
P	Palackého náměstí	N	19 %	I	13 %	A	11 %	J	8 %	Q	8 %
Q	Pražské sídliště	N	14 %	M	13 %	I	11 %	C	9 %	J	8 %
R	Rožnov	J	18 %	C	16 %	A	10 %	M	9 %	N	9 %
S	Suché Vrbné	C	16 %	J	16 %	N	16 %	M	11 %	A	6 %
T	Vltava	M	25 %	N	11 %	A	10 %	C	9 %	J	9 %
U	Hřbitov	M	19 %	A	14 %	N	13 %	I	10 %	E	8 %
V	Nové Vráto	N	18 %	M	14 %	A	12 %	C	11 %	V	8 %
W	Vídov, Roudné	C	49 %	J	19 %	N	16 %	S	5 %	C	4 %
X	Strakonická	A	15 %	M	12 %	T	12 %	N	8 %	J	5 %
Y	Výstaviště	A	31 %	M	16 %	J	9 %	N	8 %	T	8 %
Z	Novohradská	N	49 %	I	14 %	Z	6 %	X	5 %	Q	4 %

Tabulka č. 5 Cílové okrsky – podíl na celkovém počtu cest

Výsledky směrového průzkumu dokazují, že nejsilnější přepravní vztahy jsou mezi jednotlivými částmi města a širším centrem.

Zajímavý je fakt, že většina cestujících, kteří směřují do centra, zvolí výstup v bližším z možných okrsku. Jako příklad lze uvést vazbu okrsku „A“ (Máj, Šumava) a centra – výrazně většího podílu dosahuje okrsek „M“ (Mariánské náměstí) než okrsek „C“ (Senovážné náměstí). Podobná situace je v případě okrsků „T“ (Vltava), „N“ (Nemanice), „H“ (Kněžské Dvory) a „Q“ (Pražské sídliště), tedy obecně všech vazeb ze západní a severní části města. Naproti tomu u vazby z jižní a východní části města převažuje okrsek „C“ (Senovážné náměstí) nad okrskem „M“ (Mariánské náměstí). Dobře viditelná je tato vlastnost u okrsků „R“ (Rožnov), „J“ (Linecké předměstí) nebo „S“ (Suché Vrbné) a „D“ (Dobrá Voda).

V zastoupení přepravních vztahů na celkovém počtu cest v dané oblasti si nelze nevděkovat některých extrémních hodnot, jejichž příčiny mohou být různé.

Např.

▮ **vztah Z↔N** (Novohradská ↔ Nádraží) dosahuje podílu 49% - hodnota je pravděpodobně ovlivněna trasováním linky 11, která ač obsluhuje významnou část města, svou trasou míjí centrum (okrsky „C“ a „M“). Polovina cestujících vystupuje v zastávce Nádraží nebo U Koníčka (okrsek „N“) a pokračuje pěší docházkou. Jinou možností je, že naměřená hodnota je zkreslena chybou při získávání odpovědí, kdy někteří cestující uvedli místo přestupu a nikoliv cíle cesty.

▮ **vztah W↔C** (Vidov, Roudné ↔ Senovážné náměstí) dosahuje rovněž podílu 49%. Jedná se o vazbu okrajové části města a přilehlých obcí s centrem – hodnotu můžeme považovat za přirozenou, zvláště s přihlédnutím k trasování linky 10.

▮ **vztah L↔C** (Homole, Litvínovice ↔ Senovážné náměstí) dosahuje podílu 37%. Příčina je totožná s předchozím bodem, vliv má také trasování linky 16.

▮ **vztah B↔J** (Boršov nad Vltavou ↔ Linecké předměstí) dosahuje podílu 37%. Hodnota vyplývá z trasování linky 7, která je vůči centru tangenciální. Odpovídá prvnímu bodu.

5. 4. Matematický model problému a jeho řešení

Autor práce zvolil pro možnost návrhu linkového vedení lineární programování. Konkrétně se jedná o algoritmus řešení dopravního problému, použitý pro řešení přiřazovacího problému. Tento způsob je zvolen zejména proto, aby autor dokázal, že i pomocí v podstatě jednoduché matematické metody, lze docílit poměrně dost velkého ušetření významné části nákladů, které by byly mnohonásobně vyšší při řešení stejného modelu např. pomocí modelu VISEVA, VISUM (Modal Split). Cílem práce není jen navrhnout určitý model jeho ověření, ale také dokázat, že matematické metody mají značný význam pro řešení těchto problémů.

5.4.1. Matematický model přiřazovacího problému

Optimalizaci přepravních linek v MHD lze formulovat a řešit jakožto přiřazovací problém, němž jakožto zdroje i cíle uvažujeme jednotlivé okrsky. Sazbami jsou součty zjištěných zdrojových a cílových přepravních intenzit mezi každými dvěma okrsky (viz. obrázek č. 6). Aby nedošlo k přiřazení dvou stejných okrsků, na hlavní diagonále byly zvoleny tzv. prohibivní sazby (viz tabulku č. 7) Kritérium optimálnosti je maximalizace celkového počtu přepravených osob bez přestupu.

Matematický model řešeného problému má následující tvar:

Maximalizovat

$$f = \sum_{j=1}^{26} \sum_{i=1}^{26} c_{ij} x_{ij}$$

$x_{ij} = 1$, jestliže i -tý přepravní okresek je přiřazen j -tému
 $x_{ij} = 0$, v opačném případě

při omezeních

$$\sum_{j=1}^{26} x_{ij} = 1, \quad i=1,2,3,\dots,26$$

$$\sum_{i=1}^{26} x_{ij} = 1, \quad j=1,2,3,\dots,26$$

Klasická přiřazovací úloha vyžaduje minimalizační charakter. V našem případě je ovšem nutné přepravní proudy maximalizovat. Pak stačí, abychom účelovou funkci f nahradili funkcí :

$$-f = \sum_{j=1}^{26} \sum_{i=1}^{26} (-c_{ij}) x_{ij}$$

5.4.2. Řešení přiřazovacího problému a interpretace výsledků

Přiřazovací problém se zpravidla řeší tzv. maďarskou metodou (viz např. Volek, Pitel). Vzhledem k softwarovým možnostem byl uvažovaný přiřazovací problém řešen jakožto dopravní problém programem Dumkosa (jde o doplňkový modul XLA, vypracovaný na katedře operační a systémové analýzy PEF ČZU v Praze). Jak vyplývá z teorie lineárního programování, řešení přiřazovacího problému, získané metodami pro řešení dopravního problému, je mnohonásobně degenerované. Doplnění počtu obsazených políček na počet potřebný pro nedegenerované řešení se zpravidla provádí pomocí zanedbatelně malého množství EPS. Symbol ALT v některých polích znamená, že obsazení tohoto pole bychom získali rovnocenné optimální řešení se stejnou hodnotou účelové funkce (viz tabulky 8-11). Programem Dumkosa byly získány přepravní proudy 1 řádu, - vůbec nejsilnější vazby mezi uzly (viz tabulka č.8). Algoritmus však navrhuje takové vazby, aby v daný okamžik byla hodnota účelové funkce (součet všech přepravených cestujících v přímé cestě) maximální.

Daný postup se následně 4 krát opakoval. Postup byl vždy shodný, avšak na místa přiřazujících sazeb byly zadány další prohibitivní sazby. Tak se stalo, že jsme získali až 4 přepravní proudy (viz tabulky č.9, 10, 11), které jsem pro zjednodušení označil řády. Je dále nutné podotknout, že největší významnost má první řád. Velmi důležité je si dále uvědomit, že zjištěné řády přepravních proudů nejsou s ohledem na důležitost jednotlivých okrsků srovnatelné. Z tohoto důvodu je nutné v případě velkého okrsku (sídlíště) uvažovat každý přepravní řád za významný, kdežto u slabého přepravního okrsku (př. Havl. Kolonie) je možné uvažovat první případně druhý řád přepravního proudu. Navržené přiřazení okrsků odpovídá nejlepšímu vedení přímých tras linek dle zvoleného matematického modelu. Velmi zásadní se v této souvislosti jeví situace, kdy jednotlivé přepravní proudy na sebe navazují, případně shodují. Klasický případ nastává u okrsků A a S.

Upravená matice - součty zdrojových a cílových přepravních intenzit

Hodnoty zjištěné průzkumem.

Celková data pro 23. listopad (5:30 - 11:30) a 24. listopad 2005 (11:30 - 17:30).

počet		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	ze		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
do	A	1221	195	1689	169	65	199	57	100	766	1975	20	31	4102	2503	296	187	174	392	341	776	403	407	9	502	753	62
do	B	195	22	62	3	16	3	4	3	21	492	0	2	51	69	2	15	15	140	30	39	4	9	0	15	81	1
do	C	1689	62	12	337	219	411	68	159	472	1043	93	563	364	230	18	33	203	618	861	648	148	363	387	180	97	33
do	D	169	3	337	79	46	11	2	5	57	226	2	6	44	536	6	22	30	22	26	169	17	54	1	54	91	22
do	E	65	16	219	46	107	39	21	14	412	320	2	22	515	371	17	94	12	92	39	85	232	9	9	21	22	21
do	F	199	3	411	11	39	19	25	14	47	98	0	2	333	318	17	23	24	31	17	53	15	89	3	77	42	18
do	G	57	4	68	2	21	25	4	2	14	62	4	16	4	134	0	2	6	23	15	9	2	22	1	11	7	8
do	H	100	3	159	5	14	14	2	24	304	135	27	33	286	246	6	14	48	11	69	50	10	12	0	199	3	10
do	I	766	21	472	57	412	47	14	304	6	558	54	104	590	628	11	219	266	199	343	568	293	93	8	193	38	345
do	J	1975	492	1043	226	320	98	62	135	558	460	3	233	699	1131	48	134	195	704	846	627	159	139	153	167	214	76
do	K	20	0	93	2	2	0	4	27	54	3	11	0	86	174	3	3	59	7	18	32	1	6	0	65	0	3
do	L	31	2	563	6	22	2	16	33	104	235	0	50	153	105	6	3	55	3	33	17	5	12	0	23	2	2
do	M	4102	51	364	44	515	333	4	286	590	699	86	153	112	517	51	28	320	329	583	1811	542	453	4	397	384	38
do	N	2503	69	230	536	371	318	134	246	628	1131	174	105	517	32	391	313	326	328	861	702	360	594	124	270	208	1203
do	O	296	2	18	6	17	17	0	6	11	48	3	6	51	391	7	13	1	28	18	66	58	66	1	80	7	8
do	P	187	15	33	22	94	23	2	14	219	134	3	3	28	313	13	3	133	44	26	92	10	41	4	66	19	103
do	Q	174	15	203	30	12	24	6	48	266	195	59	55	320	326	1	133	34	63	75	32	25	34	5	93	9	106
do	R	392	140	618	22	92	31	23	11	199	704	7	3	329	328	28	44	63	51	285	122	99	35	3	46	114	14
do	S	341	30	861	26	39	17	15	69	343	846	18	33	583	861	18	26	75	285	120	206	55	115	37	188	67	34
do	T	776	39	648	169	85	53	9	50	568	627	32	17	1811	702	66	92	52	122	206	142	147	189	8	399	187	44
do	U	403	4	148	17	232	15	2	10	293	159	1	5	542	360	58	10	25	99	55	147	22	35	0	120	10	10
do	V	407	9	363	54	9	89	22	12	93	139	6	12	453	594	66	41	34	35	115	189	35	137	7	97	88	21
do	W	9	0	387	1	9	3	1	0	8	153	0	0	4	124	1	4	5	3	37	8	0	7	6	10	0	5
do	X	502	15	180	54	21	77	11	199	193	167	65	23	397	270	80	66	93	46	188	399	120	97	10	24	10	116
do	Y	753	81	97	91	22	42	7	3	38	214	0	2	384	208	7	19	9	114	67	187	10	88	0	10	0	11
do	Z	62	1	33	22	21	18	8	10	345	76	3	2	38	1203	8	103	106	14	34	44	10	21	5	116	11	76

Tabulka č. 6 Upravená matice – součty zdrojových a cílových přepravních intenzit

Tabulka č. 7 Upravená matice – součty zdrojových a cílových přepravních intenzit – prohibitivní sazby v hlavní diagonále

Upravená matice - součty zdrojových a cílových přepravních intenzit - prohibitivní sazby v hl. diagonále

Hodnoty zjištěné průzkumem.

Celková data pro 23. listopad (5:30 - 11:30) a 24. listopad 2005 (11:30 - 17:30).

počet		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	ze		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
do	A	-1000	195	1689	169	65	199	57	100	766	1975	20	31	4102	2503	296	187	174	392	341	776	403	407	9	502	753	62
do	B	195	-1000	62	3	16	3	4	3	21	492	0	2	51	69	2	15	15	140	30	39	4	9	0	15	81	1
do	C	1689	62	-1000	337	219	411	68	159	472	1043	93	563	364	230	18	33	203	618	861	648	148	363	387	180	97	33
do	D	169	3	337	-1000	46	11	2	5	57	226	2	6	44	536	6	22	30	22	26	169	17	54	1	54	91	22
do	E	65	16	219	46	-1000	39	21	14	412	320	2	22	515	371	17	94	12	92	39	85	232	9	9	21	22	21
do	F	199	3	411	11	39	-1000	25	14	47	98	0	2	333	318	17	23	24	31	17	53	15	89	3	77	42	18
do	G	57	4	68	2	21	25	-1000	2	14	62	2	16	4	134	0	2	6	23	15	9	2	22	1	11	7	8
do	H	100	3	159	5	14	14	2	-1000	304	135	27	33	286	246	6	14	48	11	69	50	10	12	0	199	3	10
do	I	766	21	472	57	412	47	14	304	-1000	558	54	104	590	628	11	219	266	199	343	568	293	93	8	193	38	345
do	J	1975	492	1043	226	320	98	62	135	558	-1000	3	233	699	1131	48	134	195	704	846	627	159	139	153	167	214	76
do	K	20	0	93	2	2	0	4	27	54	3	-1000	0	86	174	3	3	59	7	18	32	1	6	0	65	0	3
do	L	31	2	563	6	22	2	16	33	104	233	0	-1000	153	105	6	3	55	3	33	17	5	12	0	23	2	2
do	M	4102	51	364	44	515	338	4	286	590	699	86	153	-1000	517	51	28	320	329	583	1811	542	453	4	397	384	38
do	N	2503	69	230	536	371	318	134	246	628	1131	174	105	517	-1000	391	313	326	328	861	702	360	594	124	270	208	1203
do	O	296	2	18	6	17	17	0	6	11	48	3	6	51	391	-1000	13	1	28	18	66	58	66	1	80	7	8
do	P	187	15	35	22	94	25	2	14	219	134	3	3	23	313	13	-1000	133	44	26	92	10	41	4	66	19	103
do	Q	174	15	203	30	12	24	6	48	266	195	59	55	320	326	1	133	-1000	63	75	32	25	34	5	93	9	106
do	R	392	140	618	22	92	31	23	11	199	704	7	3	329	328	28	44	63	-1000	285	122	99	35	3	46	114	14
do	S	341	36	861	26	39	17	15	69	343	846	18	33	583	861	18	26	75	285	-1000	206	55	115	37	188	67	34
do	T	776	39	648	169	85	53	9	50	568	627	32	17	1811	702	66	92	32	122	206	-1000	147	189	8	399	187	44
do	U	403	4	148	17	232	15	2	10	293	159	1	5	542	360	58	10	25	99	55	147	-1000	35	0	120	10	10
do	V	467	9	363	54	3	89	22	12	93	139	6	12	453	594	66	41	34	35	115	189	35	-1000	7	97	88	21
do	W	9	0	387	1	9	3	1	0	8	153	0	0	4	124	1	4	5	3	37	8	0	7	-1000	10	0	5
do	X	502	15	180	54	21	77	11	199	193	167	65	23	397	270	80	66	93	46	188	399	120	97	10	-1000	10	116
do	Y	753	81	97	91	22	42	7	3	38	214	0	2	384	208	7	19	9	114	67	187	10	88	0	10	-1000	11
do	Z	62	1	33	22	21	18	8	10	345	76	3	2	38	1203	8	103	106	14	34	44	10	21	5	116	11	-1000
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Navržené přímé dopravní vazby vyjadřují nejlepší přímé vedení tras linek MHD v Českých Budějovicích při respektování kritéria optimálnosti, že maximální množství cestujících jede přímo a nepřestupují. U přestupujících je dále navržena minimalizace doby čekání na přestup, která vychází zejména z teorie dopravy – omezení souběžné jízdy linek jedoucích po společných úsecích, avšak do rozdílných cílových destinací. Dále lze z modelu vyčíst možné vhodné přestupní terminály.

Na obrázku č. 2 a č. 3 jsou zakresleny směrové přepravní proudy 1 řádu a 1 a 2 řádu. Obrázek č. 4 ukazuje celkově přepravné osoby dle přepravních relací ve městě Č. Budějovice

Optimální řešení dopravního modelu – Směrové přepravní proudy 1 řádu - mimo hlavní diagonálu

Optimální hodnota účelové funkce je 16402

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B	0	0	0	EPS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
L	0	0	0	EPS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
M	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
O	0	0	0	ALT-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Tabulka č. 8 Optimální řešení dopravního modelu – Směrové přepravní proudy 1 řádu

Optimální řešení dopravního modelu Směrové přepravní proudy 2 řádu mimo hlavní diagonálu
Optimální hodnota účelové funkce je 13376

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z			
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabulka č. 9 Optimální řešení dopravního modelu – Směrové přepravní proudy 2 řádu

Optimální řešení dopravního modelu Směrové přepravní proudy 3 řádu mimo hlavní diagonálu
Optimální hodnota účelové funkce je 10160

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z			
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabulka č. 10 Optimální řešení dopravního modelu – Směrové přepravní proudy 3 řádu

Optimální řešení dopravního modelu Směrové přepravní proudy 4 řádu mimo hlavní diagonálu

Optimální hodnota účelové funkce je 8856

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	EPS	0	0	0	EPS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	EPS	0	0	0	0	0	1
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	EPS	0	1	0	0	0	1
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
G	0	ALT-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
H	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	EPS	0	0	0	0	0	0	1
I	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
L	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
M	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	EPS	0	0	0	0	0	0	1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
P	0	EPS	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
T	0	0	EPS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
V	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabulka č. 11 Optimální řešení dopravního modelu – Směrové přepravní proudy 4 řádu

Dle výše citovaného matematického algoritmu, bylo dosaženo 4 dopravních řádů tedy navržených vazeb. Celkové schéma základních dvou řádů viz příloha obr. 1 a 2.

6.4.3. Komplexní vedení linek

Okrsek A.

Pro tento okrsek byly matematickým modelem navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky M (Mariánské nám.), N (Nádraží), J (Poliklinika Jih) a okrsek C („centrum“ – Senovážné náměstí a okolí).

Dopravní významnost okrsku je velmi významná zahrnuje největší městské sídliště. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá následujících trasám :

Máj – Výstaviště (Mariánské nám.) – Poliklinika Sever – Senovážné nám. - Nádraží
Máj – Výstaviště – Poliklinika Jih

Celkové schéma viz obr. č. 5 v příloze.

Okrsek B

Pro tento okrsek byly matematickým modelem navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky W (Vidov), R (Rožnov), Y (Výstaviště).

Dopravní významnost okrsku je nevýznamná zahrnuje, příměstskou oblast. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá následujícím trasám:

Boršov nad Vltavou – Rožnov – Vidov (Výstaviště)

Celkové schéma viz obr. č. 6 v příloze.

OKRSEK C

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : S (Suché Vrbné), L (Litvínovice), R (Rožnov), A (Máj).

Dopravní významnost okrsku je velmi významná, zahrnuje centrum města. Přímé spojení je v tomto případě nutné brát velmi uvážlivě. Je jednoznačné, že tento okrsek bude velmi významný i pro další okrsky, které nebyly matematickým modelem navrženy v prvním až čtvrtém řádu. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá následujícím trasám:

Senovážné nám. – Nádraží – Suché Vrbné Senovážné nám. – Litvínovice Senovážné nám – Rožnov Senovážné nám – Máj

Celkové schéma viz obr. č. 7 v příloze.

OKRSEK D

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : Y (Výstaviště), W (Vidov), V (Vráto).

Dopravní významnost okrsku je méně významná, zahrnuje příměstskou oblast města. Z tohoto důvodu jsou uvážovány pouze 3 řády. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá následujícím trasám:

Dobrá Voda u Českých Budějovic – Nádraží – Výstaviště Dobrá Voda u Českých Budějovic – Nádraží – Poliklinika Jih – Vidov Dobrá Voda u Českých Budějovic – Vráto
--

Celkové schéma viz obr. č. 8 v příloze.

OKRSEK E

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : U (Hřbitov), I (Družba IGY), P (Palackého nám.), M (Mariánské nám.)

Dopravní významnost okrsku je významná zahrnuje, městskou oblast nesídlišního typu se zástavbou zejména rodinných domků. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá následujícím trasám:

Nemanice – Ústřední hřbitov – Družba IGY – Palackého náměstí Nemanice – Ústřední hřbitov – Družba IGY – Mariánské náměstí
--

U tohoto okrsku navržené dopravní vazby na sebe navazují.

Celkové schéma viz obr. č. 9 v příloze.

OKRSEK F

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : V (Vráto), G (Husova kolonie), D (Dobrá Voda u Českých Budějovic), P (Palackého nám.).

Dopravní významnost okrsku je významná, zahrnuje příměstskou oblast nesídlišního typu – spojení s městem Rudolfov. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá následujícím trasám:

Rudolfov – Vráto – Husova kolonie Rudolfov – Vráto – Dobrá Voda u Českých Budějovic Rudolfov – Vráto – Palackého náměstí

Celkové schéma viz obr. č. 10 v příloze.

OKRSEK G

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : L (Litvínovice), F (Rudolfov), W (Vidov), K (Havlíčková kolonie). Dopravní významnost okrsku je velmi málo významná, zahrnuje městskou oblast nesídlišního typu s malou zástavbou, zahrádkářskou kolonii. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá následujícím trasám: Z důvodu malého významu z dopravního hlediska je uvažována pouze trojice dopravních tras.

Husova kolonie – Nádraží - Litvínovice Husova kolonie – Vráto – Rudolfov Husova kolonie – Nádraží – Vidov
--

Celkové schéma viz obr. č. 11 v příloze.

OKRSEK H

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : X (Obchodní zóna Pražská ul.), K (Havlíčková kolonie), L (Litvínovice), I (Družba IGY).

Dopravní významnost okrsku je významná, zahrnuje městskou oblast nesídlištního typu se zástavbou rodinných domků, průmyslovou oblast a vedení jediné linky v rámci IDS do Hluboké nad Vltavou.

Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá následujícím trasám:

Hrdějovice (Kněžské Dvory) – Obchodní zóna Pražská ul. – Havlíčkova kolonie Hrdějovice (Kněžské Dvory) – Obchodní zóna Pražská ul. – Litvínovice Hrdějovice (Kněžské Dvory) – Obchodní zóna Pražská ul. – Družba IGY

Celkové schéma viz obr. č. 12 v příloze.

OKRSEK I

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : T (Vltava (České Vrbné)), E (Nemanice (Borek)), Z (Hodějovice (Mladé)), H (Hrdějovice (Kněžské Dvory)).

Dopravní významnost okrsku je velmi významná, zahrnuje městskou oblast nesídlištního typu s hustou zástavbou a obchodní centrum. Je zřejmé, že přes tuto oblast povede více linek. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá následujícím trasám:

Družba IGY – sídliště Vltava(České Vrbné) Družba IGY – Nemanice (Borek) Družba IGY – Hodějovice (Mladé) Družba IGY – Hrdějovice (Kněžské Dvory)
--

Celkové schéma viz obr. č. 13 v příloze.

OKRSEK J

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : R (Rožnov), S (Suché Vrbné), A (Máj), N (Nádraží).

Dopravní významnost okrsku je velmi významná. Zahrnuje městskou oblast nesídlištního typu s hustou zástavbou, obchodní centrum a zdravotnické zařízení Poliklinika JIH. Je zřejmé, že přes tuto oblast povede více linek. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá následujícím trasám:

Poliklinika JIH – Rožnov
Poliklinika JIH – Suché Vrbné
Poliklinika JIH – Máj
Poliklinika JIH – Nádraží

Celkové schéma viz obr. č. 14 v příloze.

OKRSEK K

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : O (Okružní), Q (Pražské sídliště), H (Hrdějovice (Kněžské Dvory)).

Dopravní významnost okrsku je méně významná. Zahrnuje městskou oblast nesídlištního typu s řídkou zastavbou, mnohdy v docházkové vzdálenosti významného dopravního uzlu Polikliniky Jih. Opět byly uvažovány pouze tři dopravní vazby matematického modelu. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Havlíčková kolonie – Nádraží - Okružní
Havlíčková kolonie – Pražské sídliště
Havlíčková kolonie – Hrdějovice (Kněžské Dvory)

Celkové schéma viz obr. č. 15 v příloze.

OKRSEK L

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : G (Husova kolonie), C (Senovážné nám.), Q (Pražské sídliště).

Dopravní významnost okrsku je méně významná. Zahrnuje příměstskou oblast s řídkou zastavbou, a samostatné malé obce Litvínovice, Šindlovy Dvory a Mokré. Opět byly uvažovány pouze tři dopravní vazby matematického modelu. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Litvínovice (Š. Dvory, Mokré) – Senovážné nám - Nádraží – Husova kolonie
Litvínovice (Š. Dvory, Mokré) – Senovážné nám.
Litvínovice (Š. Dvory, Mokré) – Pražské sídliště

Celkové schéma viz obr. č. 16 v příloze.

OKRSEK M

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : A (Máj), T (sídlíště Vltava (České Vrbné)), U (Hřbitov), E (Nemanice (Borek)).

Dopravní významnost okrsku je významná. Zahrnuje městskou část „staré město“ s vazbou na historické centrum města. Přes tento okrsek budou také procházet přímé dopravní vazby jiných okrsků.

Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Mariánské nám. – Máj Mariánské nám. – Vltava (České Vrbné) Mariánské nám. – Ústřední hřbitov – Nemanice (Borek)
--

Celkové schéma viz obr. č. 17 v příloze

OKRSEK N

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : Z (Hodějovice (Mladé)), A (Máj), S (Suché Vrbné), J (Poliklinika Jih).

Dopravní významnost okrsku je velmi významná. Zahrnuje městskou část v těsné návaznosti na obě nádraží jak železniční, tak autobusové s dopravně obchodním centrem Mercury. Přes tento okrsek budou jednoznačně procházet přímé dopravní vazby jiných okrsků. V tomto okrsku bude také navržen jeden ze základních přestupních uzlů. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Nádraží – Hodějovice (Mladé) Nádraží – Poliklinika Sever – Výstaviště - Máj Nádraží – Suché Vrbné Nádraží – Senovážné nám. – Poliklinika JIH

Celkové schéma viz obr. č. 18 v příloze

OKRSEK O

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : K (Havlíčková kolonie), U (Ústřední hřbitov), V (Vráto), X (Obchodní zóna Pražská ul.).

Dopravní významnost okrsku je významná. Zahrnuje městskou průmyslovou část s poměrně významným školním areálem. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Okružní – Nádraží - Havlíčkova kolonie Okružní – Ústřední hřbitov Okružní – Vráto Okružní – Ústřední hřbitov – Obchodní zóna Pražská

Celkové schéma viz obr. č. 19 v příloze

OKRSEK P

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : Q (Pražské sídliště), Z (Hodějovice (Mladé)), E (Nemanice (Borek)), F (Rudolfov).

Dopravní významnost okrsku je významná. Zahrnuje městskou část s poměrně významným osídlením. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Palackého nám. – Pražské sídliště Palackého nám. – Hodějovice (Mladé) Palackého nám. – Nemanice (Borek) Palackého nám. – Rudolfov
--

Celkové schéma viz obr. č. 20 v příloze

OKRSEK Q

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : P (Palackého náměstí), H (Hrdějovice (Kněžské Dvory)), K (Havlíčková kolonie), Z (Hodějovice (Mladé)).

Dopravní významnost okrsku je významná. Zahrnuje městskou část s poměrně významným sídlištním osídlením. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Pražské sídliště – Palackého nám. Pražské sídliště – Hrdějovice Pražské sídliště – Nádraží – Havlíčkova kolonie Pražské sídliště – Hodějovice (Mladé)
--

Celkové schéma viz obr. č. 21 v příloze

OKRSEK R

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : J (Poliklinika JIH), B (Boršov nad Vltavou (Včelná)), C (Senovážné nám.), S (Suché Vrbné).

Dopravní významnost okrsku je významná. Zahrnuje městskou část s poměrně významným osídlením nesídlištního charakteru. Dle územního plánu města bude tato část města i nadále rozšiřována pro zástavbu vesměs rodinnými domky. Dopravní vedení je v tomto případě až na směr Boršov navrženo matematickým modelem v trase, kdy jednotlivé trasy na sebe navazují nebo se překrývají. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Rožnov – Poliklinika Jih – Senovážné nám. – Suché Vrbné Rožnov – Boršov nad Vltavou (Včelná)

Celkové schéma viz obr. č. 22 v příloze

OKRSEK S

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : C (Senovážné nám.), J (Poliklinika JIH), N (Nádraží), R (Rožnov).

Dopravní významnost okrsku je významná. Zahrnuje největší městskou část nesídlištního charakteru. Dle územního plánu města bude tato část města i nadále rozšiřována pro zástavbu vesměs rodinnými domky. Navržené dopravní vedení je v tomto případě obdobné předchozímu případu (jednotlivé navržené trasy na sebe navazují nebo se překrývají). Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následující trase:

Suché Vrbné – Nádraží - Senovážné nám. – Poliklinika JIH – Rožnov

Celkové schéma viz obr. č. 23 v příloze

OKRSEK T

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : I (Družba IGY), M (Mariánské nám.), X (Obchodní zóna Pražská), Y (Výstaviště).

Dopravní významnost okrsku je velmi významná zahrnuje druhé největší sídliště města Českých Budějovic. Opět bylo navrženo řešení, kdy jednotlivé trasy na sebe navazují, případně se překrývají (i když ze schématu přímo nevyplývá). Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

(Č. Vrbné) Vltava – Obchodní zóna Pražská – Družba IGY – Mariánské nám.
(Č. Vrbné) Vltava – Výstaviště

Celkové schéma viz obr. č. 24 v příloze

OKRSEK U

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : E (Nemanice (Borek)), X (Obchodní zóna Pražská), M (Mariánské nám.), O (Okružní).

Dopravní významnost okrsku je významná. Zahrnuje městskou část s poměrně významným průmyslovým charakterem, ústřední hřbitov a velmi slabě obydlenou část města. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Ústřední hřbitov – Nemanice (Borek)
Ústřední hřbitov – Obchodní zóna Pražská
Ústřední hřbitov – Mariánské nám.
Ústřední hřbitov – Okružní

Celkové schéma viz obr. č. 25 v příloze

OKRSEK V

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : F (Rudolfov), Y (Výstaviště), O (Okružní), D (Dobrá Voda u Č. Budějovic).

Dopravní významnost okrsku je významná. Zahrnuje městskou část s poměrně významným průmyslovým charakterem a významnou zástavbou rodinnými domy. Při bližším pohledu je zřejmé, že v tomto okrsku je možné navrhnout dopravního terminálu. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Vráto – Rudolfov Vráto – Nádraží – Výstaviště Vráto – Okružní Vráto – Dobrá Voda u Českých Budějovic

Celkové schéma viz obr. č. 26 v příloze

OKRSEK W

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : B (Boršov nad Vltavou (Včelná)), D (Dobrá Voda u Č. Budějovic), G (Husova kolonie), L (Litvínovice (Mokré)).

Dopravní významnost okrsku je méně významná zahrnuje příměstskou oblast se zástavbou rodinných domků. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Vidov (Roudné) – Boršov nad Vltavou (Včelná) Vidov (Roudné) – Nádraží – Dobrá Voda u Č. Budějovic Vidov (Roudné) – Nádraží – Husova kolonie Vidov (Roudné) – Poliklinika JIH - Litvínovice

Celkové schéma viz obr. č. 27 v příloze

OKRSEK X

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : H (Hrdějovice (Kněžské Dvory)), O (Okružní), T (Vltava (České Vrbné)), U (Ústřední hřbitov).

Dopravní významnost okrsku je významná, zahrnuje velké obchodní centrum s významným pěším potenciálem pro část obyvatel Pražského sídliště. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Obchodní zóna Pražská – Hrdějovice (Kněžské Dvory) Obchodní zóna Pražská – Ústřední hřbitov – Okružní Obchodní zóna Pražská – Vltava (České Vrbné)

Celkové schéma viz obr. č. 28 v příloze

OKRSEK Y

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : D (Dobrá Voda u Českých Budějovic), V (Vráto), B (Boršov nad Vltavou (Včelná)), T (Vltava (České Vrbné)).

Dopravní významnost okrsku je významná zejména při konání výstav. Zahrnuje menší obchodní centrum, řídkou zástavbu rodinnými domy a část univerzitní oblasti. Navržené dopravní vedení linek MHD odpovídá tedy následujícím trasám:

Výstaviště – Nádraží – Dobrá Voda u Českých Budějovic Výstaviště – Nádraží – Vráto Výstaviště – Poliklinika JIH – Boršov nad Vltavou (Včelná) Výstaviště – Vltava (České Vrbné)
--

Celkové schéma viz obr. č. 29 v příloze

OKRSEK Z

Pro tento okrsek byly matematickým model navrženy následující dopravní možnosti :

Spojení okrsku s okrsky : N (Nádraží), P (Palackého náměstí), I (Družba IGY), Q (Pražské sídliště).

Dopravní významnost okrsku je velká. Zahrnuje menší průmyslovou oblast, městské části Mladé a Nové Hodějovice se zástavbou rodinnými domy a příměstskou část obce Staré Hodějovice. Byly navrženy takové dopravní možnosti, že některé trasy na sebe navazují případně se překrývají:

Hodějovice (Mladé) – Nádraží – Palackého nám. – Družba IGY – Pražské sídliště
--

Pozn. u navrhovaných dopravních tras je slabým písmem uveden okrsek klíčový pro směrování (cesta jiným směrem není možná). Výše citovaná významnost okrsku je pojatá z urbanistického hlediska, pro další rozhodování je stanovena stupnice významnosti (viz tabulka č. 14)

5.5. Stanovení významnosti okrsků.

Aby bylo následně možné propojovat jednotlivé navržené dopravní vazby do konkrétních linek městské a příměstské dopravy, je nutné stanovit významnost okrsku. Ta konkrétně určí, jak se má rozhodovatel zachovat při propojování matematickým modelem navržených přímých vazeb mezi okrsky a případně kolik linek je nutné pro jejich obsluhu. Významnost okrsků je stanovena tak, že zdrojové a cílové proudy jsou sečteny (viz tabulku č. 12). Vzniklá hodnota určuje počet všech cestujících, kteří do, z nebo v okrsku cestovali.

Tab č.12 Počet cestujících z, do a v okrsku

A	18615
B	1316
C	4213
D	2116
E	2809
F	1947
G	527
H	1808
I	6615
J	11357
K	684
L	1531
M	12908
N	12706
O	1232
P	1647
Q	2377
R	3854
S	5428
T	7362
U	2804
V	3264
W	791
X	3447
Y	2464
Z	2466

Následně byly jednotlivé dopravní okrsky rozděleny dle jejich významnosti do 5-ti tříd. Viz tabulka č. 13.

Tab. č.13 Stanovení významnosti dopravních okrsků

A	18615
M	12908
N	12706
J	11357
T	7362
I	6615
S	5428
C	4213
R	3854
X	3447
V	3264
E	2809
U	2804
Z	2466
Y	2464
Q	2377
D	2116
F	1947
H	1808
P	1647
L	1531
B	1316
O	1232
W	791
K	684
G	527

do 1. tisíce cestujících	významnost 1
1001 až 3000 cestujících	významnost 2
3001 až 6000 cestujících	významnost 3
6001 až 10000 cestujících	významnost 4
10001 až 18615 cestujících	významnost 5

Následně je rozhodovatel povinen přihlídnout k celkovým úsekovým intenzitám mezi jednotlivými okrsky, jak vyplývá z obrázku č.4. Pak je již možné postupně provazovat jednotlivé navržené přímé vazby a navrhnout tak linkové vedení.

5.6. Komplexní návrh vedení linek městské a příměstské dopravy

Na základě výsledků matematického modelu, bylo stanoveno rozložení přímých přepravních vazeb. Bylo nutné přejít z fáze, kdy jsou navrženy jednotlivé proudy pomocí matematického modelu, do fáze, kdy se musí z množiny navržených variant vybrat takové, které budou vycházet z dopravní významnosti okrsku (stanovené rozhodovatelem), z úsekové intenzity mezi okrsky a ze základních dopravních zásad (zejména klasické teorie dopravy). Při tomto postupu se uplatňuje také rozum, zkušenosti, znalost historie dopravního systému a je tedy nutné uplatnit osobní přístup řešitele (rozhodovatele). Dále je nutné upozornit, že je nutné respektovat i dopravní systém trolejbusové dopravy, zejména již existující trolejbusovou síť.

5.6.1 Navržení linek podle významnosti okrsků

Významnost okrsku hraje v navrhování linek velmi důležitou roli, neboť ne každý okrsek má stejnou významnost (viz tabulka č. 13). Pro významnost 1a2 je vhodné navrhnout vesměs jednu linku, která vychází z prvního řádu navrženého přepravního proudu. Pro vyšší významnosti je pak nutné uvažovat i další přepravní řády. U významnosti 3 navrhnout 2, případně 3 linky, které vycházejí z prvních dvou, případně tří přepravních řádů. U dalších je pak nutné posuzovat každý přepravní řád (1-4) a počet linek přizpůsobit nejen urbanistické struktuře daného okrsku. Dále jsou v linkách uvedeny ty okrsky, které mají důležitý význam s ohledem na trasování linky (linka okrsky prochází a není možné její jiné vedení)

Pro oblast sídliště Máj, univerzitní oblasti a oblastí spadajících do okrsku centrum města je navrženo následující vedení linek MHD.

Linka č. X1. Máj – Výstaviště – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Nádraží

Linka č. X2. Máj – Výstaviště – Poliklinika JIH

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků A – N, A – C, A – J (viz okrsky A, N, C, J) obousměrně. Navržené linkové vedení odpovídá jak zásadám uvedeným v tomto textu, tak i zásadám urbanistické struktury. Z hlediska velmi vysoké významnosti (významnost 5) okrsku A je jasné, že bude nutné vytvořit více linek, které povedou přes rozdílné části tohoto okrsku tak, aby zajištěna plošná dostupnost MHD, avšak ve výše uvedených trasách, s přihlédnutím k vzájemné interakci jednotlivých směrů. (více viz finální linkové vedení)

Pro oblast Boršova, Včelné, Vidova je navrženo následující vedení:

Linka č. X3. Boršov nad Vltavou – Včelná – Rožnov – Vidov (Roudné, Nové Roudné)

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků B – W, B – R. (viz okrsky B, W,R) obousměrně. Navržené linkové vedení odpovídá jak zásadám uvedeným v tomto textu, tak i zásadám urbanistické struktury. Oblast má významnost 2.

Pro okrsek C „centrum“, tedy konkrétně Senovážné náměstí, je nutné počítat s následujícím vedením linek MHD:

Linka č. X4. Senovážné nám. – Nádraží – Suché Vrbné

Linka č. X5. Senovážné nám. – Livínovice – Mokré / Homole

Linka č. X6. Senovážné nám. – Poliklinika JIH – Rožnov

Linka č. X7. Senovážné nám. – Poliklinika Sever - Výstaviště – Máj

Jedná se o dílčí úsek linky X1

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků C – S, C – L, C –R, C – A, (viz okrsky C, S, R, A) obousměrně. Navržené linkové vedení odpovídá jak zásadám uvedeným v tomto textu, tak i zásadám urbanistické struktury. Z hlediska významnosti okrsku C (významnost 3) a poloze povedou okrskem i jiné linky.

Pro Dobrou Vodu u Českých Budějovic je navrženo následující linkové vedení při respektování výše citovaných zásad :

Linka č. X8. Dobrá Voda u Č. Budějovic – Nádraží – Výstaviště

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků D – Y, (viz okrsky D, Y) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 2) je uvažována jen jediná linka.

Pro Nemanice a Borek vyplývá následující linkové vedení:

Linka č. X9. Borek – Nemanice – Hřbitov – Družba IGY

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků E – U, E – I (viz okrsky E, U, I) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 2) je uvažována jen jediná linka.

Pro samostatné město Rudolfov je vhodné trasování linky v této trase :

Linka č. X10. Rudolfov – Vráto

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků F – V, (viz okrsky F, V) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 2) je uvažována jen jediná linka.

Husova kolonie a okolí má nejvýhodnější linkové vedení v následující trase:

Linka č. X11. Husova kolonie – Nádraží – Senovážné nám. – Livínovice – Mokré / Homole

Linka ve své části je shodná s linkou X5

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků G – L,C - L (viz okrsky G, L, C) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 1) je uvažována jen jediná linka.

Pro Hlubokou nad Vltavou, Hrdějovice, Kněžské Dvory je navrhováno toto dopravní spojení:

Linka č. X12. Hluboká nad Vltavou – Hrdějovice – Kněžské Dvory – Obchodní zóna Pražská ul.

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků H – X, (viz okrsky H, X) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 2) je uvažována jen jediná linka.

Oblast I, Družba IGY a okolí má následující linkové vedení:

Linka č. X13. Družba IGY – sídliště Vltava (České Vrbné)

Linka č. X14. Družba IGY – Hřbitov - Nemanice – Borek

jedná se o linku X9 v opačném směru.

Linka č. X15. Družba IGY – Nádraží – Mladé – Nové Hodějovice – Staré Hodějovice

Linka č. X16. Družba IGY – Kněžské Dvory – Hrdějovice (Hluboká nad Vltavou)

Jedná se o dílčí část linky X 12

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků I – T, I – E, I – Z, I - H (viz okrsky I, T, E, Z, H) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 4) a rozložení okrsku z hlediska urbanistické struktury jsou uvažovány všechny přepravní řády.

Pro oblast Polikliniky JIH a nemocniční oblasti jsou trasy linek MHD takovéto:

Linka č. X17. Poliklinika JIH – Rožnov

Jedná se o část linky X6

Linka č. X18. Poliklinika JIH – Senovážné nám. - Nádraží – Suché Vrbné

Jedná se o část linky X4 a část opačného směru linky X6.

Linka č. X19. Poliklinika JIH – Výstaviště – Máj

Jedná se o linku X2 v opačném směru

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků J – R, J – S, J – A, J - N (viz okrsky J, R, S, A, N) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 5) a rozložení okrsku z hlediska urbanistické struktury jsou uvažovány všechny přepravní řády.

Pro Havlíčkovu kolonii připadá v úvahu toto řešení:

Linka č. X20. Havlíčkova kolonie – Nádraží – Okružní

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků K – O (viz okrsky K, O) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 1) je uvažována jen jediná linka.

Pro samostatnou obec Litvínovice je navržena následující linková podoba:

Linka č. X21. Homole / Mokré – Litvínovice - Senovážné nám. - Nádraží – Husova kolonie

Jedná se o linku X5 a v opačném směru navrhovanou linku X 11.

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků L – G , C - L (viz okrsky L, G, C) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 1) je uvažována jen jediná linka.

Pro oblast M, tedy Mariánské náměstí a Polikliniku Sever, jsou navrženy tyto linky:

Linka č. X22. Poliklinika Sever – Máj

Jedná se o dílčí část linky X1

Linka č. X23. Poliklinika Sever – sídliště Vltava (České Vrbné)

Jedná se o možnou dílčí část linky X13

Linka č. X24. Poliklinika Sever – Mariánské nám. – Družba IGY – Hřbitov – Nemanice - Borek

Jedná se o část linky X9 a X14

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků M – A , M - T, M – U, M – E, (viz okrsky M, A, T, U, E) obousměrně. Okrsek má velkou významnost (významnost 5) a uvažovány jsou tedy všechny navržené proudy.

Pro oblast Nádraží (N) jsou navrženy :

Linka č. X25. Nádraží – Mladé – Nové Hodějovice – Staré Hodějovice

Jedná se o část linky X15.

Linka č. X26. Nádraží – Poliklinika Sever – Máj

Jedná se o část linek X1, X7, X22

Linka č. X27. Nádraží – Suché Vrbné

Jedná se o část linky X 18

Linka č. X28. Nádraží – Senovážné nám – Poliklinika JIH

Jedná se o část linky X4,X6, X18 v opačném směru.

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků N – Z , N - A, N – S, N – J (viz okrsky N, A, Z, S, J) obousměrně. Okrsek má velkou významnost (významnost 5) a uvažovány jsou tedy všechny navržené proudy. U tohoto okrsku je nutné podotknout, že z hlediska jeho umístění je významný pro většinu linek a proto zde bude navržen přestupní uzel.

Pro oblast Okružní ulice (okrsek O) jsou navrženy tyto linky:

Linka č. X29. Okružní – Nádraží – Havlíčkova kolonie

Jedná se o linky X20 v opačném směru

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků O – K (viz okrsky K, O) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 1) je uvažována jen jediná linka.

Pro Palackého náměstí (okres P) je navrženo následující vedení:

Linka č. X30. Palackého nám. – Družba IGY – obchodní zóna Pražská – Pražské sídliště

Linka č. X31. Palackého nám. – Nádraží – Mladé – Nové Hodějovice – Staré Hodějovice

Jedná se o část linky X15

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků P – Q, P - Z (viz okrsky P, Q, Z) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 2) je uvažována jedna linka, případně linka druhá.

Oblast (Q) Pražské sídliště jsou navrženy tyto varianty:

Linka č. X32. Pražské sídliště – Družba IGY – Palackého náměstí

Jedná se o opačný směr linky X 30

Linka č. X33. Pražské sídliště – Kněžské Dvory – Hrdějovice (Hluboká nad Vlt.)

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků Q – P, Q - H (viz okrsky P, Q, H) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 2) je uvažována jedna linka, případně linka druhá.

Oblast Rožnova (R) jsou navrženy tyto linky :

Linka č. X34. Rožnov – Poliklinika JIH – Senovážné nám. - Nádraží

Jedná se o část linku : X4, X18, X27a části opačných směrů linek X6, X17, X28.

Linka č. X35. Rožnov – Včelná – Boršov nad Vltavou

Jedná se o opačný směr části linky X3

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků R – J, R – B, R – C, (viz okrsky R, J, B, C) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 3) jsou uvažovány tři směry.

Pro oblast Suchého Vrbného a okolních příměstských částí (Pohúrka, Stará Pohúrka a Srubec) (okres S) jsou uvažovány tyto linky :

Linka č. X36. Suché Vrbné – Nádraží – Senovážné nám. - Poliklinika JIH – Rožnov

Jedná se o část linek: X6, X17, X27 a opačný směr linek : X4, X18, X27, X34

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků S – C, S – J, S – N, S - R (viz okrsky S, R, J, N, C) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 3) jsou uvažovány

všechny čtyři směry zejména proto, že v tomto případě matematický algoritmus navrhnul takové řešení, kdy na sebe jednotlivé směry navazují, případně se překrývají, a linku navíc nelze z hlediska urbanistické struktury města vést jiným než výše navrženým směrem.

Pro oblast sídliště Vltava a oblast Českého Vrbného byly navrženy tyto linky:

Linka č. X37. (České Vrbné) Vltava – Obchodní zóna Pražská – Družba IGY

Jedná se o část linky X13

Linka č. X38. (České Vrbné) Vltava – Výstaviště

Jedná se o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků T – I, T – M, T – X, T - Y (viz okrsky T, I, M, X, Y) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 4) jsou uvažovány všechny čtyři směry.

Pro oblast ústředního hřbitova (významnost 2), z hlediska významnosti nejsou uvažovány všechny navržené směry. (pouze dva nejdůležitější)

Linka č. X38. Nemanice - Hřbitov – Obchodní zóna Pražská

Jedná se o část linek X 9 a X 14

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků U – X, U – E (viz okrsky U, X, E) obousměrně.

Pro oblast Vráta (významnost 3) jsou uvažovány dvě nejsilnější přepravní vazby.

Linka č. X39. Vráto - Rudolfovo

Jedná se o opačnou část linky X10

Linka č. X40. Vráto - Nádraží – Výstaviště

Jedná se o část linek X1, X7, X 26

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků V – F, V – Y (viz okrsky V, F, Y) obousměrně.

Pro oblast Roudného (Nové Roudné, Vidov) je z hlediska významnosti (1) a urbanistické struktury města uvažován pouze hlavní navržený dopravní směr W – B.

Linka č. X41. Vidov (Nové Roudné, Roudné) – Rožnov – Včelná - Boršov nad Vltavou

Jedná se o opačnou část linky X 3

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků W – B (viz okrsky W, B) obousměrně.

Pro oblast Obchodní zóny na Pražské ulici byly navrženy tyto linky (významnost okrsku je 3).

Linka č. X42. Obchodní zóna Pražská – Hrdějovice (Kněžské Dvory, Hluboká nad. Vlt.)

Jedná se o opačný směr linky X12

Linka č. X43. Obchodní zóna Pražská – Hřbitov - Okružní

Jedná se o část linek X33 a X 38

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků X – H, X – O (viz okrsky X, H, O) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 3) jsou uvažovány dva směry.

Pro oblast Výstaviště byly navrženy následující linky :

Linka č. X44. Výstaviště – Nádraží – Dobrá Voda u Č. Budějovic

Jedná se o opačný směr linky X8

Linka č. X45. Výstaviště – Nádraží - Vrát

Jedná se o část linek X1, X7, X 26 a opačný směr linky X40

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků Y – D, Y – V, (viz okrsky Y, D, V) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 2) jsou uvažovány dva směry.

Pro oblast Starých Hodějovice, Nových Hodějovice a Mladého, byly navrženy tyto linky:

Linka č. X46. Staré Hodějovice – Nové Hodějovice – Mladé – Nádraží – Palackého nám.

Jedná se o část linek X15 a X 22 a opačný směr linky X 31.

Jde o spojení navrhovaných dopravních variant zejména okrsků Z – N, Z – P, (viz okrsky Z, P, N) obousměrně. U okrsku z hlediska významnosti (významnost 2) jsou uvažovány dva směry.

Pro jednotlivé okrsky byly navrženy takové linky, které vycházejí z matematického modelu a dále z urbanistické struktury města (zejména určené silniční sítě pro provoz vozidel MHD). Zejména z tohoto důvodu byly doplněny do jednotlivých linek směrově významné body případně okrsky, jimiž navržená přímá linka prochází. Pokládám za nutné v této souvislosti zmínit, že s ohledem na významnosti jednotlivých okrsků a počtu linek je velmi významné uvažovat i s navrženým přepravním linkovým intervalem. (Např. pro významnost 5 jsou navrženy všechny čtyři směry, i u okrsků s významností 4 jsou navrženy čtyři směry, pak je nutné celkovou dopravní obslužnost řešit navrženým

linkovým intervalem zejména u okrsků s vyšší významností (celková přepravní síla okrsku udaná v počtu cestujících)).

5.6.2. Navrhování linek MHD z matematického modelu dle teorie dopravy

Pro návrh sítě linek městské a příměstské dopravy jsou dále využity postupy rozebrané v následujícím textu. Jedná se především o:

- a) strategie přímého spojení pro maximální počet uživatelů
- b) strategie minimálního počtu linek
- c) strategie jednotného taktu (intervalové dopravy)
- d) koordinace linek ve společném úseku
- e) zvýšení výkonnosti dopravního systému

Ad a) Požadavek přímého spojení je uváděn v hodnocení kvality MHD jako velmi podstatný. Volbu přímých relací mezi oblastmi lze odhadovat podle obecných principů dopravního chování obyvatel, stejně jako z provedených přepravních průzkumů. V našem případě je problém řešen pomocí matematického modelu. Provázanost oblastí jednou linkou je posuzována také s přihlédnutím k přímosti trasy a frekvenci dopravy. Návrh sítě sleduje u všech linek podíl přímých cest na jejich celkovém počtu jako doporučující kritérium, pro vybrané linky (zejména při změně jejich vedení) bude provedeno srovnání současného a navrhovaného stavu. Při optimálním trasování linky by mělo dojít k nárůstu podílu přímých spojení, v opačném případě musí být výsledek zdůvodnitelný (například výhodností z pohledu celkové koncepce nebo obsluhy jiných oblastí města).

Ad b) Strategie menšího počtu linek se může někdy dostat do sporu s požadavkem na počet přímých spojení. Ani jeden z těchto přístupů nelze uvažovat jednoznačně, naopak je nutné najít jistou rovnováhu. Pokud bychom upřednostnili přímá spojení, mohli bychom si představit na území města České Budějovice cca dvacet pět až třicet linek, které by toto kritérium naplnily. Na jejich provoz by se však dostávalo stejného počtu vozidel jako nyní, což by vedlo k prodlužování intervalů, roztříštění přepravní nabídky a celkové dezorientaci uživatelů. Opačný postup by znamenal zavedení malého počtu linek s odpovídajícím zkrácením intervalů. Cestující by sice dostali atraktivní frekvenci spojů, avšak by se nevyhnuli velkému množství přestupů což je z pohledu cestujícího značně nepopulární.

Ad c) Jistým kompromisem mezi předchozími metodami je strategie jednotného taktu.

Zavedení intervalové dopravy umožňuje důslednou práci s organizací dopravy v území, kdy lze bezproblémově zajistit jednosměrné návaznosti, vzájemné přestupy i zcela pravidelné prokládání spojů jednotlivých linek ve společném úseku. Dosáhneme tak podobného efektu jako v případě malého počtu

linek (přehlednost, pravidelnost), avšak bude respektování požadavek na existenci přímé obsluhy významných přepravních vztahů.

Taktová doprava v pojetí MHD ve stotisícovém městě nutně neznamená, že bychom vyžadovali na všech linkách jednotný interval po celý den. Základem je stanovit výchozí hodnotu pro každé přepravní období dne a uplatnit u všech linek interval v násobcích této hodnoty. Pokud není možné uvedený postup zavést na všech linkách, přednost dostanou páteřní a frekventované linky, kde je aplikace pravidelného intervalu obecně snazší. Více viz Šesták.

Ad d) Při obsluze společného úseku několika linkami vzniká problém koordinace jízdních řádů těchto linek. Pokud nelze zvolit strategii jednotného taktu, přistoupíme k řešení pomocí tzv. "Žilinské kružnice" (více viz Tuzar). Cílem koordinace je minimalizace časových ztrát cestujících, kteří chtějí použít kteroukoli projíždějící linku v daném úseku.

Řešení úlohy vychází z geometrického znázornění, kdy počet dílků na kružnici odpovídá nejmenšímu společnému násobku intervalů uvažovaných linek. Interval každé linky je pak znázorněn odpovídajícím n -úhelníkem. Optimálního výsledku dosáhneme tehdy, když minimální vzájemná odlehlost sousedních vrcholů n -úhelníků na kružnici bude co největší. Více uvádí Tuzar, Šesták.

5.6.2.1. Návrh nového systému veřejné dopravy s podporou matematických metod v městské a příměstské aglomeraci města Č. Budějovic včetně přestupních terminálů

Dle výše citovaných skutečností bylo s podporou matematických metod a dalších dopravních zásad navrženo následující linkové vedení :

Linka A. Máj (A. Barcala) – Šumava – Výstaviště – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Nádraží.

Linka B. Máj (M. Horákové) – E. Rošického – U Parku – Výstaviště – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Nádraží – Vrátó

Linka C. Haklovy Dvory – Máj – Dubenská – Výstaviště – Poliklinika Jih – Náměstí Bratří Čapků

Linka D. Máj (A. Barcala) – E. Rošického – Výměník – Vltava střed – Obchodní zóna Pražská – Družba IGY – Palackého náměstí – Nádraží – Poliklinika Jih – Papírenská

Linka E. Máj (A. Barcala) – E. Rošického – Výměník – Vltava střed – Obchodní zóna Pražská – Hřbitov – Okružní

Soubor linek vycházejících z největšího okrsku s největší významností tj. okrsku A, kde se prolínají nejdůležitější dopravní vazby navržené matematickým modelem (viz okrsky A, T, C, I, J, M, N,

O, P, R, U, X, Y) a linky X1, X2, X7, X17, X19, X22, X26, X28, X40, X43, X45, a dílčí části linek X24, X30, X32, X34, X36, X37, X38, X46.

Vzájemné spojení jednotlivých úseků vychází také z celkové přepravní výkonnosti tras dle dopravního průzkumu a dopravních zvyklostí a z nutností dané zejména možností ukončení linky a jejího otočení. Soubor je brán komplexně, neboť zahrnuje největší okrsek A.

Linka A – trolejbus

Linka B - trolejbus

Linka C – autobus

Linka D – trolejbus

Linka E – autobus

Linkové vedení linek A, B, C, D, E viz obrázek č. 31 v příloze.

Linka F. Borek – Nemanice – Hřbitov – Dužba IGY – Mariánské nám - Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Nádraží

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem (viz okrsky E, U, X, I, M, C, N) a linek X9, X14, X24, X38 a dílčí části linek X4, X5, X7, X11, X15, X18, X21, X26, X28, X34, X36. Vzájemné spojení jednotlivých úseků vychází také z celkové přepravní výkonnosti tras dle dopravního průzkumu a dopravních zvyklostí a z nutností dané zejména možností ukončení linky a jejího otočení.

Linka F – trolejbus.

Linka G. Suché Vrbné – Pětidomí – Nádraží – Senovážné náměstí – Poliklinika Jih – Nemocnice – Rožnov

Linka H. Srubec – Pohúrka - Suché Vrbné – Nádraží – Poliklinika Sever – Mariánské náměstí – Družba IGY – Obchodní zóna Pražská – Kněžské Dvory - Hrdějovice

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem (viz okrsky S, N, C, J, R, M, I, X, U, H) a linky (pro linku G) X4, X6, X17, X18, X27, X28, X34, X36 a dílčí části linek X1, X7, X11, X21, (pro linku H) linky X4, X16, X27, X42 a dílčí části linek X1, X7, X11, X12, X18, X24, X26, X30, X33. Vzájemné spojení jednotlivých úseků vychází také z celkové přepravní výkonnosti tras dle

dopravního průzkumu a dopravních zvyklostí a z nutností dané zejména možností ukončení linky a jejího otočení.

Linka G – trolejbus

Linka H – autobus

Linka I. Boršov nad Vltavou – Včelná – Rožnov – Nové Roudné – Roudné – Vidov
(přestupní uzel na městskou dopravu v oblasti Rožnova)

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem (viz okrsky B, R, J, W) a linky X3, X35, X41. Vzájemné spojení jednotlivých úseků vychází také z celkové přepravní výkonnosti tras dle dopravního průzkumu a dopravních zvyklostí a z nutností dané zejména možností ukončení linky a jejího otočení. Matematickému modelu odpovídá tato tangenciální linka, dále je však nutné zajistit návaznou dopravu cestujících z příměstských oblastí Boršova, Včelné, (Zahorčic, Kroclova, Vrábče) a Nového Roudného, Roudného a Vidova v přestupním uzlu. Pro okrsek B je vhodná stanice Náměstí Bratří Čapků a pro okrsek W oblast Nemocnice.

Linka I – autobus. Linkové vedení linek F, G, H, I viz obrázek č. 32 v příloze.

Linka J. Kaliště – Dobrá Voda u Č. Budějovic – Vrbenská – Nádraží – Poliklinika Sever – Výstaviště – Výměník - Vltava

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem. Viz okrsky D, N, C, M, Y, A, T a linky : X8, X23, X38, X44 a dílčí části linek : X1, X4, X7, X11, X18, X21, X26, X28, X34, X36, X40, X45. Vzájemné spojení jednotlivých úseků vychází také z celkové přepravní výkonnosti tras dle dopravního průzkumu a dopravních zvyklostí a z nutností dané zejména možností ukončení linky a jejího otočení.

Linka J - autobus

Linka K. Husova kolonie – Nádraží – Senovážné náměstí – Litvínovice – Šindlovy Dvory – Mokré / Homole

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem. Viz okrsky G, V, N, C, J, L a linky : X5, X11, X21 a dílčí části linek X1, X4, X18, X28, X34, X36.

Vzájemné spojení jednotlivých úseků vychází také z celkové přepravní výkonnosti tras dle dopravního průzkumu a dopravních zvyklostí a z nutností dané zejména možnostmi ukončení linky a jejího otočení.

Linka K – autobus

Linka L. Havlíčkova kolonie – Nádraží – Okružní

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem. Viz okrsky K, N, V, O a linky X20, X29 a dílčí části linek X40, X45. Vzájemné spojení jednotlivých úseků vychází také z celkové přepravní výkonnosti tras dle dopravního průzkumu a dopravních zvyklostí a z nutností dané zejména možnostmi ukončení linky a jejího otočení.

Linka L – autobus

Linka M. Rudolfovo – Vráto

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem (viz okrsky F, V) a linky X 10, X39. V této souvislosti se jeví možným spojení této linky s linkou B, avšak s ohledem na diametrální rozdíl obsluhy dvou rozdílných částí města je vhodné tyto linky nespojovat, v oblasti Vráto vytvořit přestupní uzel a linku M pojmout jako linku napájecí.

Linka M – autobus

Linkové vedení linek J, K, L, M viz obrázek č. 33 v příloze.

Linka N. Staré Hodějovice – Nové Hodějovice – Mladé – Nádraží – Palackého náměstí – Družba IGY – Obchodní zóna Pražská – Pražské sídliště

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem (viz okrsky Z, N, P, I, X, Q) a linky X15, X25, X30, X31, X32, X46 a některé dílčí úseky linky D. Vzájemné spojení jednotlivých úseků vychází také z celkové přepravní výkonnosti tras dle dopravního průzkumu a dopravních zvyklostí a z nutností dané zejména možnostmi ukončení linky a jejího otočení.

Linka N - autobus

Linka O. České Vrbné – Vltava – Výměník – Výstaviště – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Poliklinika Jih – U Nemocnice – Náměstí Bratří Čapků

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem (viz okrsky T, A, Y, M, C, J, R) a linky X23, X38 a dílčí části linek X1, X2, X6, X7, X17, X18, X19, X26, X28, X34, X36, X38. Vzájemné spojení jednotlivých úseků vychází také z celkové přepravní výkonnosti tras dle dopravního průzkumu a dopravních zvyklostí a z nutností dané zejména možností ukončení linky a jejího otočení.

Linka O – trolejbus

Linka P. Hluboká nad Vltavou – Hrdějovice – Kněžské Dvory – Obchodní zóna Pražská - Družba IGY – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Nádraží

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem podobně jako linka H, avšak z výše citovaných důvodů řešena samostatně a nutně ukončena u Nádraží jako centrálního přestupního uzlu.

Integrovaná linka, na jejímž provozu má zájem Krajský úřad. Musí být provozována odděleně, avšak zařazena do systému MHD v Českých Budějovicích.

Linka P – autobus

Linka Q. Vltava – Obchodní zóna Pražská – Družba IGY – Mariánské náměstí – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Nádraží

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem (viz okrsky T, X, I, M, C, N) a linky X13, X23, 37 a dílčí úseky linek X1, X4, X7, X15, X18, X21, X24, X26, X28, X30, X34, X36. Vzájemné spojení jednotlivých úseků vychází také z celkové přepravní výkonnosti tras dle dopravního průzkumu a dopravních zvyklostí a z nutností dané zejména možností ukončení linky a jejího otočení.

Linka Q – trolejbus

Linka R. Pražské sídliště – Družba IGY – Mariánské náměstí – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Grünwaldova – Nemocnice – smyčkou na Poliklinika Jih

Linka vycházející z přepravních vazeb navržených matematickým modelem. (viz okrsky Q, I, M, C, J, R) a dílčí části linek: X1, X6, X7, X17, X18, X24, X28, X30, X32, X36. Tato linka byla autorem navržena zejména z toho důvodu, že všechny výše uvedené linky jsou vedeny ulicemi s požadavky na MHD až

na jedinou výjimku, která nebyla akceptována, tj. požadavek Magistrátu města zajistit přímé spojení Pražského sídliště s četnou pečovatelskou službou s dolním i horním areálem nemocnice.

Linka R – autobus

Linkové vedení linek N, O, P, Q, R viz obrázek 34 v příloze.

Výše uvedené linky MHD představují základní síť, která byla navržena na základě matematického modelu a posléze upravena dle výše zmiňovaných kritérií.

5.6.2.2. Teoretické uplatnění návrhu řešení

Vytvořený teoretický návrh může posloužit nejen jako studijní materiál pro výuku teoretických, praktických předmětů s příslušnou tematikou. Více se autor touto problematikou zabývá v kapitolách 7 a zejména v kapitole 8.

6. Ověření modelu na konkrétním případě řešení v praxi

Vytvořený dopravní průzkum byl po dlouhé době jediným přímým podkladem pro zjištění dopravní situace ve městě. Poslední odborná práce, která se zabývala problematikou návrhu linkového vedení byla vytvořena v roce 1992. V roce 2000 byl naprosto neodůvodněným způsobem bez jakéhokoli odborného posudku jen na základě intuice zaměstnanců Dopravního podniku města Českých Budějovic a.s. vytvořen komplexně nový dopravní systém města (změněno bylo cca 50% všech tras linek MHD). Reakce cestující veřejnosti byla velmi negativní. Tato situace si nadále vynutila některé další změny, ke kterým došlo v roce 2001. V roce 2004 jsem začal s pomocí několika kolegů řešit negativní situaci ve městě, čímž se podařilo získat podporu pro vytvoření dopravního průzkumu. Dopravní průzkum a matematické řešení problému dospělo k několika základním faktům a to :

6. 1. *Správnost vedení některých linek a jejich realizace*

Model potvrdil správnost vedení některých linek.

a) Linka č. 1 Haklovy Dvory – Máj – E. Rošického – Výstaviště – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Nádraží – Vráto – Rudolfov 1 – Rudolfov 2. (viz linka B)

U této linky se potvrdila správnost jejího vedení, zejména v úseku Máj – Vráto. Tento výsledek práce potvrdil a významnou měrou podpořil skutečnost, že tento úsek linky bude v krátké budoucnosti veden jako samostatná linka v trolejbusové trakci. V současné době již dochází ke zpracování projektů financování výstavby trolejbusové traktce z prostředků EU. V oblasti Vráta bude vytvořen nový přestupní terminál a dopravní obslužnost města Rudolfova bude řešen návaznou autobusovou dopravou.

b) Linka č. 3. Máj (A: Barcala) – Šumava – Výstaviště – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Nádraží. (viz linka A)

Tato linka byla realizována na základě vypracovaného návrhu. Bylo rozhodnuto o jejím radiálním vedení a jízdní řád upraven dle síly přepravního proudu na čtyři minuty v ostré přepravní špičce !

c) Linka č. 7 Máj (A. Barcala) – Dubenská – Výstaviště – Poliklinika Jih – Náměstí Bratří Čapků – Včelná – Boršov nad Vltavou – Zahorčice – Kroclov – Jamné (viz linka C)

U této linky se potvrdila správnost jejího vedení v základní části Máj – Nám. Bratří Čapků, ostatní spoje jsou závislé na požadavcích ostatních obcí. Celá polovina spojů končí v zastávce Nám. Bratří Čapků. Tato tangenciální linka má velkou významnost pro celý dopravní systém města. Na základě tohoto návrhu se uvažuje o zavedení linky ve zkrácené variantě dle návrhu a obslužnost Boršova řešit jiným

způsobem. Dále je tato zkrácená varianta linky připravena na možné budoucí zavedení v závislé trakci (trolejbusy).

d) Linka č. 11 Staré Hodějovice – Nové Hodějovice – Mladé – Nádraží – Palackého náměstí – Družba IGY – Pražské sídliště (viz. linka N)

Vedení této linky bylo potvrzeno v celé své trase.

e) Linka 14 Vltava – Výměník – Výstaviště – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Poliklinika Jih – Nemocnice – Papírenská (viz linku O)

Vedení této linky bylo potvrzeno v celé své trase. Nutno podotknout, že změna ukončení linky bude akceptována po dokončení trolejbusové trakce do Českého Vrbného. Tímto lze také tvrdit, že vypracovaný návrh podpořil správnost výstavby trolejbusové tratě do Českého Vrbného (Magistrátem města kontroverzně podporované stavby)

f) Linka č. 16 Husova kolonie – Nádraží – Senovážné náměstí – Livínovice – Šindlový Dvory – Mokré (viz linku K)

Vedení této linky bylo potvrzeno v celé své trase.

6. 2. Správnost vedení linek v některých základních nejzatíženějších úsecích

Model potvrdil správnost vedení některých linek v nejzatíženějších úsecích.

a) Linka č. 2. Model potvrdil správnost vedení linky v úseku Borek – Nemanice – Družba IGY – Mariánské náměstí – Poliklinika Sever - Nádraží. Zbytek trasy od Nádraží – přes Polikliniku Jih do Rožnova nebyl modelem doporučen (viz linka F).

b) Linka č. 8. Model potvrdil správnost vedení linky v úseku Máj (A. Barcala) – E. Rošického – Vltava střed – Strakonická ROLLER (viz Obchodní zóna Pražská) – Hřbitov – Okružní Točna (viz linku E). Zbytek trasy k Nádraží dopravní model doporučil návaznou linkou s prodloužením do Havlíčkovy kolonie (viz linku L)

c) Linka č. 9. Model potvrdil správnost vedení linky v úseku Vltava – Strakonická ROLLER (viz Obchodní zóna Pražská) – Družba IGY – Mariánské náměstí – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí – Nádraží (viz linka Q). Pokračování do Suchého Vrbného model nepotvrdil.

d) Linka č. 17. Model potvrdil správnost vedení linky v úseku Máj (A. Barcala) – E. Rošického – Vltava střed - Strakonická ROLLER (viz Obchodní zóna Pražská) – Družba IGY – Mariánské náměstí – Nádraží, avšak s odklonem linky do Pekárenské ulice k Nádraží a dále k Poliklinice Jih až na točnu Papírenská. (Odklonem linka jezdila jen v roce 2003 pouze jednosměrně, v protisměru jezdila linka č. 9 v trase Vltava - Nádraží)

6. 3. Neoprávněnost unáhlených změn vedení linek z roku 2000

Model potvrdil neoprávněnost změn v linkovém vedení z roku 2000.

Změny provedené na přelomu roku 1999 až 2000 byly unáhlené a nešťastné. Matematický model, tuto skutečnost potvrdil.

a) Původní linka č. 3 vedená v relaci Suché Vrbné – Nádraží – Senovážné náměstí – Poliklinika Jih – Papírenská, byla zrušena a nebyla nahrazena žádnou linkou. Dle matematického modelu se potvrdilo, že vedení linky odpovídá jeden z nejsilnějších přepravních vztahů ve městě. Je tedy nepopiratelné, že zrušení linky bylo fatální chybou a absence této přepravní relace chybí do dnešních dnů.

b) Původní linka č. 15 vedená v relaci České Vrbné – Vltava – Výstaviště – Senovážné náměstí – Poliklinika Jih – Nemocnice – Papírenská byla změněna na komplikovanou trasu, které neodpovídá žádný důležitý přepravní vztah. Linka objíždí 90 % města takovými trasami, kdy je možné většinu přepravních relací nahradit jiným frekventovaným spojením. Linka má oběžnou dobu přes 100 minut (cesta v jednom směru trvá 49 minut). Vedení linky je vhodné do maloměsta, nikoli do stotisícové metropole.

c) Původní linka č. 19, vedená v radiální relaci sídliště Máj – Výstaviště – Poliklinika Sever - Nádraží byla zrušena a nahrazena diametrálním vedením Máj – Výstaviště – Poliklinika Sever – Nádraží – Suché Vrbné (pod označením 3). Touto změnou se narušila celková dopravní rovnováha v relaci Nádraží – Máj. Z důvodu ukončení každého sudého spoje v zast. Nádraží došlo hned k několika problémům. Největší nesídlíštní oblast – Suché Vrbné dostala neadekvátní spojení 20 minutový interval v sedle, narušení přímé vazby dané nejen historickým vedením linky (po 52 letech přestalo existovat spojení S. Vrbného a Rožnova), ale také došlo k problému citovanému v oddílu a. Navíc z důvodu častých dopravních kongescí se stávalo, že prodloužený spoj ze Suchého Vrbného přijel tak opožděn, že došlo k souběhu se zkráceným spojením vypraveným v polovině intervalu prodlouženého spoje. Výsledkem tak bylo, že 5 ti minutový interval ve špičce byl v podstatě realizován 10 minutovým intervalem se dvěma za sebou jedoucími vozidly. Teprve až na základě matematického modelu bylo

původní spojení obnoveno tak, že došlo ke zkrácení linky č. 3 a tím byla nahrazena linka 19 v původním rozsahu.

Z výše uváděných skutečností je zřejmé, že výsledky dopravního průzkumu s podporou matematických metod podpořily pozitivní změny ve vedení některých linek MHD v Českých Budějovicích a okolí.

6.4. Návrh přestupních terminálů v novém modelu dopravní sítě městských a příměstských linek

Vzhledem k navrženým trasám bylo zejména z důvodu trasování linek a tvorbě IDS doporučeno několik významných přestupních uzlů.

1. přestupní uzel Nádraží. Základní přestupní uzel, pro který je navrhováno 90 % všech městských linek, s přímou přestupní vazbou na spoje ČD (mezinárodní v relaci Praha – Salzburg, Praha – Venezia S.L., Praha – Zürich HB, Praha/České Budějovice – Linz, Plzeň/České Budějovice – Wien FJBf, Praha – Ljubjana, a zpět), dálkové spoje v relacích České Budějovice – Praha, Brno/České Budějovice – Plzeň a opačně a také s vazbou na regionální dopravu, která bude v budoucnosti realizována v rámci IDS v relacích České Budějovice – Horní Dvořiště/Summerau, České Budějovice – České Velenice/Gmünd NO, České Budějovice - Český Krumlov (Volary), České Budějovice – Tábor, České Budějovice – Strakonice, České Budějovice – Jindřichův Hradec a opačně. Je nutné v rámci IDS železniční dopravu preferovat a umožnit přestup cestujících v tomto přestupním uzlu na návazné spoje městské a příměstské dopravy. V uzlu je nutné odjezdy návazné dopravy (městské a příměstské trolejbusové a autobusové dopravy) koordinovat. Dále je nutné zohlednit návaznost na regionální autobusovou dopravu. Schéma přestupního uzlu viz obr. 35 v příloze.

2. přestupní uzel Vráto. Nový přestupní uzel na hranici města. Silné přepravní proudy vycházející z dopravního průzkumu potvrdily správnost této alternativy. Přestupní uzel na plánovanou páteřní trolejbusovou dopravu do centra města. Ukončování příměstské dopravy v relacích Č.B, Vráto – Rudolfovo, Zvíkov, Třeboň aj. Schéma přestupního uzlu viz obr. 36 v příloze.

3. přestupní uzel Rožnov. Nový přestupní uzel na hranici města. Silné přepravní proudy vycházející z dopravního průzkumu potvrdily správnost této alternativy. Přestupní uzel na páteřní trolejbusovou dopravu do centra města. Linka obsluhující příměstské slaběji osídlené oblasti tangenciální linkou s přímou vazbou na páteřní frekventované trolejbusové linky a železniční přepravu v úseku Č.

Budějovice Jižní zastávka – Č. Budějovice nádraží (tato vazba je významná zejména v případě existujícího integrovaného systému s podporou železniční přepravy). Výhodnost tohoto uzlu je takto významné pro příměstskou regionální autobusovou dopravu zejména v relacích České Budějovice – Brloh, Chvalšiny, Kremže, Římov,... Schéma přestupního uzlu viz obr. 37 v příloze.

4. přestupní uzel Poliklinika Sever. Přestupní uzel v celkové interakci s linkami, které nezajíždějí k Nádraží. V některých případech je vhodné zajišťovat přestup v tomto uzlu, neboť by se jednalo o přestup v systému hrana – hrana (relace Nemanice - Suché Vrbné, Máj – Suché Vrbné, Máj – Rožnov, Nemanice – Rožnov), kdy je v některých případech také zajištěn přestup v uzlu Nádraží avšak s komplikovanými úrovněnými bariérami (podchod, frekventovaná silnice,...) – viz výše uvedené relace. Schéma přestupního uzlu viz obr. 38 v příloze.

Výše uvedené přestupní uzly budou v následujících etapách reorganizace MHD a při tvorbě IDS Jihočeského kraje realizovány. Je připravena realizace přestupního uzlu Vráto, na který již proběhly některé další studie. Přestupní uzel Nádraží je již využíván delší dobu. Přestupní uzel Poliklinika Sever byl na základě tohoto modelu realizován zejména u nočního systému dopravy. Přestupní uzel Rožnov zatím není uvažován jako předchozí modely přestupních uzlů, je zde však realizována obousměrná koordinovaná návaznost trolejbusové linky ze směru Nádraží - Senovážné náměstí – Poliklinika Jih na příměstskou autobusovou linku zajišťující dopravní obslužnost obcí Včelná, Boršov nad Vltavou, Vrábce, Jamné, Kroclov.

7. Zhodnocení přínosů řešení pro dopravní praxi a vědeckého poznání

Metodické řešení dopravního modelu navrženého s podporou matematických metod, představuje moderní přístup k navrhování dopravních tras linek města Č. Budějovic a může být aplikováno pro libovolnou městskou hromadnou dopravu.

Realizované změny představují velmi značný pozitivní přínos pro celkový systém MHD. Oproti roku 2000 vzrostl počet přepravených osob nejméně o 30 % (v relacích Máj – Nádraží o více jak 40%). Celkový systém se postupně stává „uživatelsky přátelským“, díky navrhování takových dopravních tras, které cestující využívají.

Dalším přínosem je rozšiřování trolejbusové sítě ve městě České Budějovice. Bude dostavěna trolejbusová trať do Českého Vrbného (rok 2007) a dochází k zpracování projektu trolejbusové tratě od Nádraží do Vráta, kde bude nový přestupní uzel.

Díky dopravnímu průzkumu a zjištění nejzatíženějších přepravních tras byl navržen nový noční systém městské dopravy. Nejzatíženějšími úseky jsou Máj – Nádraží, Vltava – Nádraží, Suché Vrbné – Senovážné náměstí, Nádraží – Rožnov. S přispěním autora této disertační práce se podařilo změnit původní trasování jedné noční městské linky na dvě navzájem koordinované linky. Jelikož nebyly známy dopravní vazby ve večerním a nočním provozu, byly pomocí nejzatíženějších přepravních vazeb navrženy následující linky noční dopravy vedené v závislé (trolejbusové) trakci:

**Linka č. 53 Máj – Šumava – VŠ kolejje – Výstaviště – Poliklinika Sever – Nádraží – Senovážné nám
DK – Poliklinika Jih – Nemocnice – Náměstí Bratří Čapků (Rožnov)**

**Linka č. 59 Vltava – Strakonická ROLLER (Obchodní centrum Pražská) – Družba IGY – Mariánské
náměstí – Poliklinika Sever – Senovážné náměstí pošta – Nádraží – Suché Vrbné**

Po zkušenosti s jejich provozem je možné konstatovat, že využití nočních linek je standardní. Autor disertační práce také vytvořil nový noční formulář jízdního řádu, kde zejména označil možnost přestupní návaznosti v novém přestupním uzlu – Poliklinika Sever. Formulář má také velmi významný marketingový přínos pro vlastní propagaci nočního systému dopravy v Českých Budějovicích. Viz obr. č. 39 v příloze.

Navržení nových přestupních uzlů zejména již realizovaný uzel v zastávce Poliklinika Sever, umožnil pohodlné přestupování v systému hrana – hrana. Došlo také ke snížení technologické

přestávky u nočních spojů v přestupním uzlu Nádraží z 5ti minut na minuty 3 a zrychlení celkové přepravy.

V přestupním uzlu Nádraží dochází k návaznosti spojů jedoucích do různých směrů na vlaky ČD (více viz kapitolu 7.4.), zejména ve večerním a nočním provozu. Jedná se o následující časy: 20.10, 20.25, 20.40, 21.10, 21.40, 22.10, 22.30, 23.00, 23.30 a 0.15, 0.55, 1.35, 2.15, 3.12, 3.50 a ráno ve 4.30 a 4.50. Cestující mají garantovaný přestup z vlaků ČD (v případě mírného zpoždění cca do 5ti minut se vyčkává) a z přípojných spojů MHD, kdy se v případě zpoždění vyčkává na základě informací z centrálního dispečinku.

Přínosem této disertační práce je zkvalitnění systému městské a příměstské oblasti města Českých Budějovic, který již byl díky některým realizacím potvrzen. I přes počáteční kontroverzní přístup některých zainteresovaných osob proti tomuto návrhu dopravního modelu vytvořeného s podporou matematických metod, bylo dokázáno (zejména díky realizaci některých návrhů), že navržené dopravní varianty jsou realizovatelné v podmínkách města Českých Budějovic a jeho okolí.

I další příklady v této disertační práci ukazují, že rozhodně není správné uvažovat, že matematické metody jsou čistě akademickým zájmem. Vědní disciplíny v oblasti matematických metod (operační analýzy), mají svoje pevné místo a jsou pro praxi nutné. Pomocí algoritmů řešení, se dospěje vždy k určitému výsledku, který není zatížen chybným lidským uvažováním (pokud však nejsou ovlivněna vstupní data).

Z hlediska vědeckého přínosu disertační práce je třeba vycházet z jejich příspěvku k rozvoji managementu dopravy jako teoretické i praktické disciplíny. Úspěšnost zvládnutí obsahové stránky managementu dopravy je v daném případě závislá především na úrovni a schopnosti uplatňování specifických přístupů, metod a technik řízení.

Úspěšnost managementu dopravy je rovněž závislá od vlastností a schopností manažerů, které pomocí teoretických poznatků a nabytých zkušeností dokážou svým tvořivým a intuitivním způsobem řešit aktuální dopravní problémy. předložená disertační práce určitým způsobem přispěla k dalšímu rozvoji teoretických poznatků a jejich aplikaci v dopravní praxi.

8. Závěr

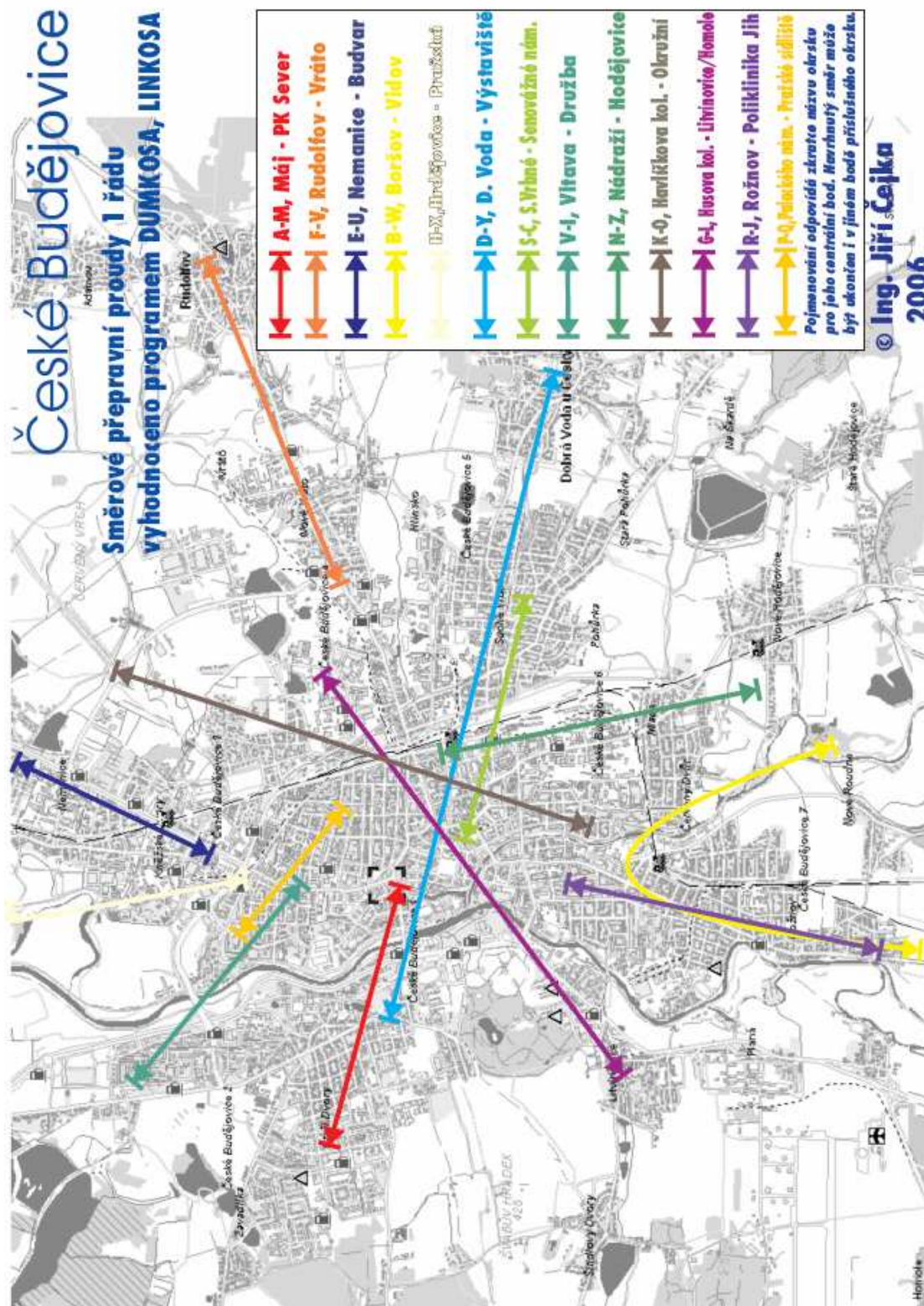
Teoretická i praktická část práce prokázala, že využívání matematických metod se nutně nemusí stát jen problémem teoretické přípravy při studiu na vysoké či jiné odborné škole nebo jen čistě akademickým zájmem.

Přínosy citované v předchozí kapitole jsou dosti významné a je tedy nepopiratelné, že práce přináší nejen nový pohled na některé matematické metody, ale také na možné marketingové nebo ekonomické aspekty při návrhu či úpravě dopravních modelů a to nejen v městské hromadné dopravě. Při ekonomické analýze tohoto navrženého modelu bylo zjištěno (podle simulovaných jízdních řádů, braných dle následující skutečnosti, páteřní linky ve špičkách interval 10 min, sedlo 15 min a večerní provoz 20 - 30 min, ostatní linky dle objednávek přihlížející k požadavkům příslušných obcí.), že uvažovaný provoz ve vozokilometrech při zachování celkové dopravní obslužnosti je o cca 5 % levnější než model současný. Cestujícím se dále nabízí jednotný takt, vzájemné prokládání spojů na společných úsecích a garantovaná návaznost v brzkém ranním a večerním provozu v uvažovaných přestupních uzlech. Takto připravený model MHD je možné prakticky bez problému začlenit do uvažovaného integrovaného dopravního systému.

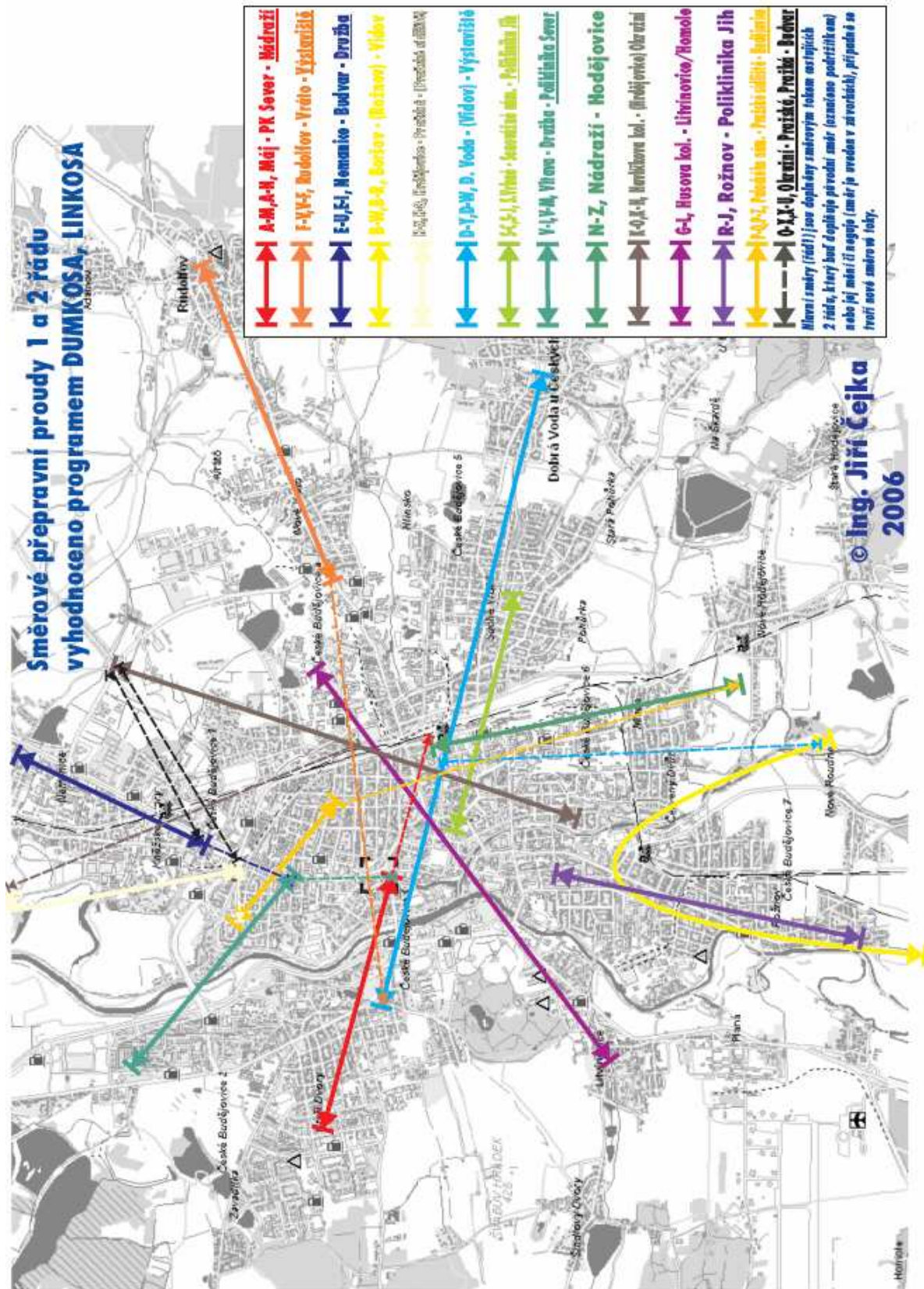
9. Přílohy

Příloha č. 1 - Praktické výsledky řešení

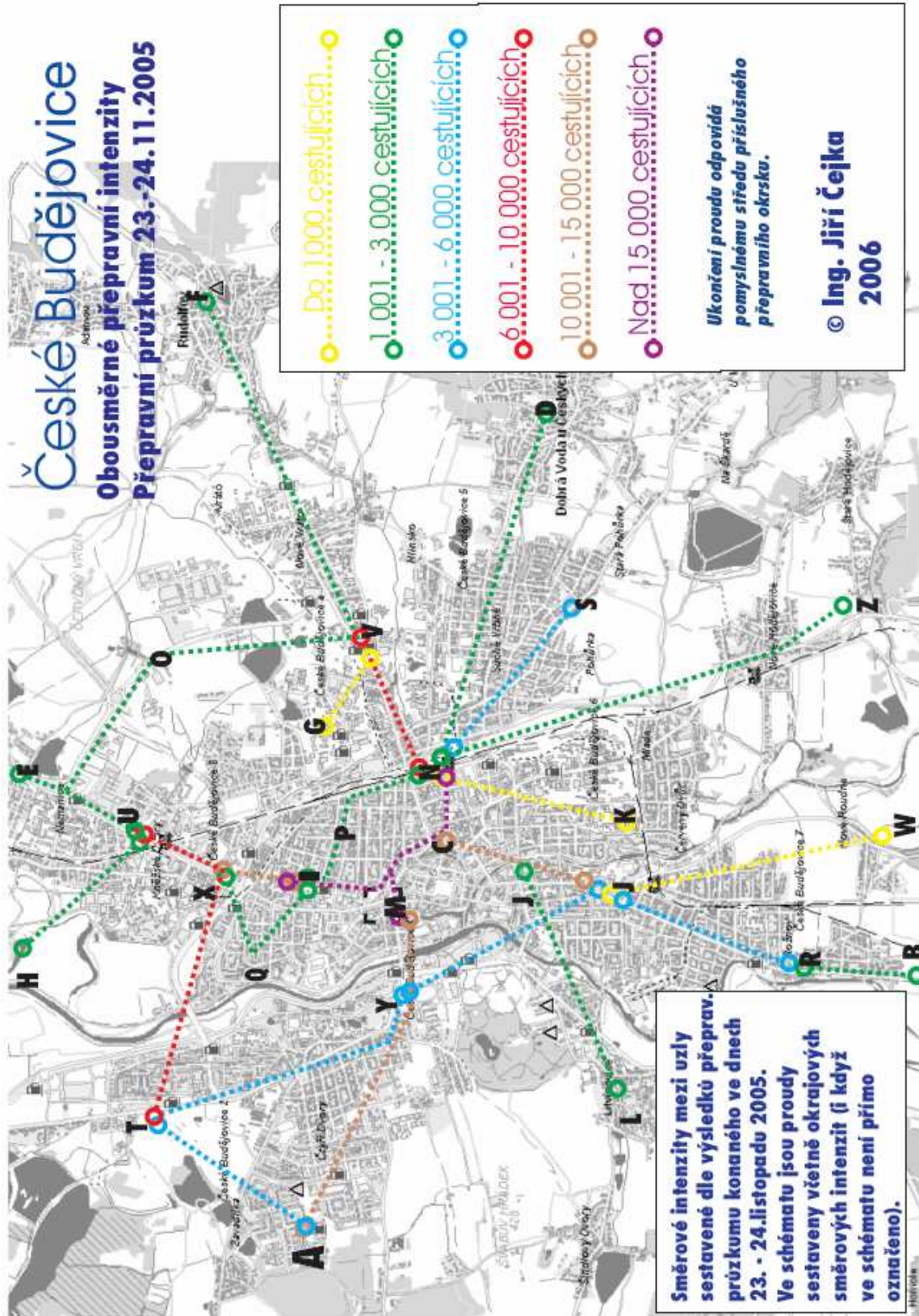
Obr. č.2 Směrové přepravní proudy 1 řádu v celkové interakci



Obr. č.3 Směrové přepravní proudy 1 a 2 řádu v celkové interakci



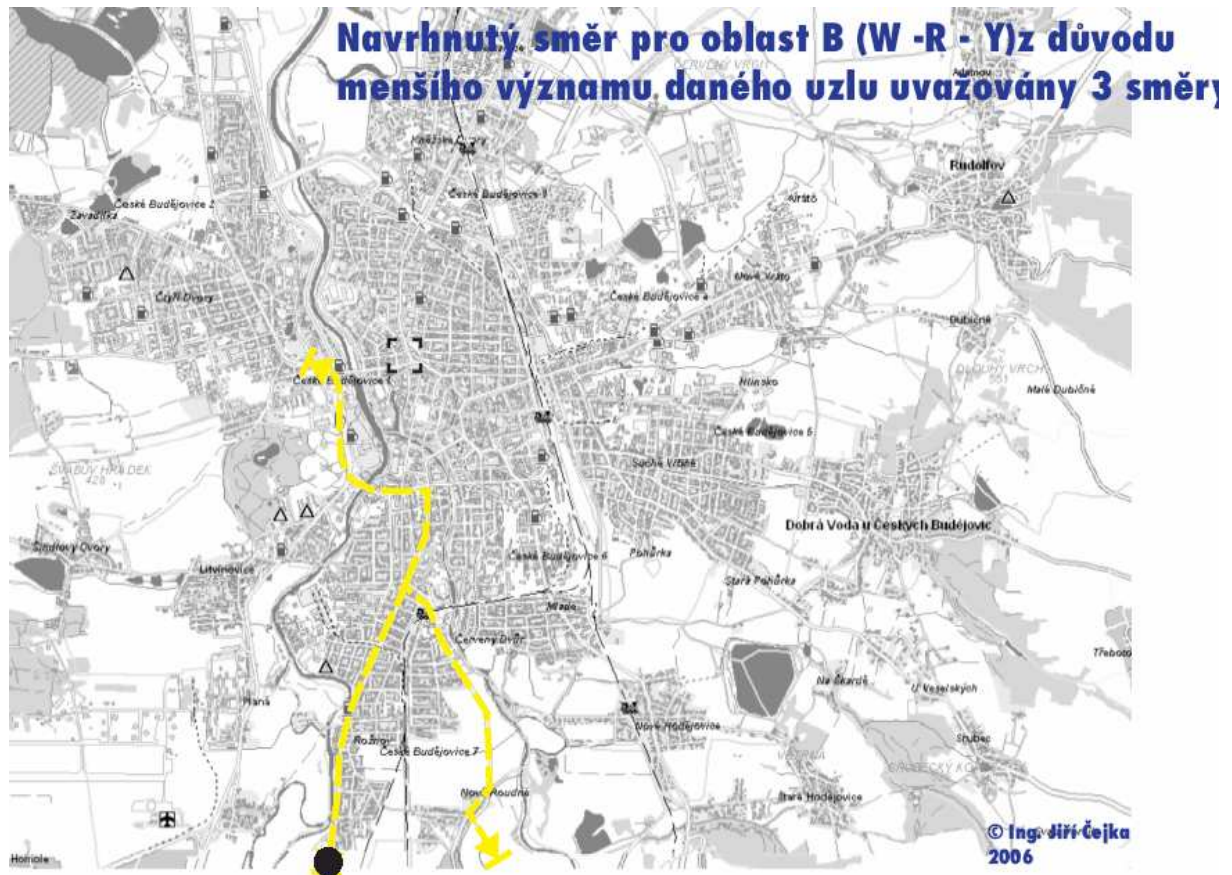
Obr. č.4 Celkové přepravené osoby mezi okrsky



Obr. č.5 Navrhnuté směry pro okresek A



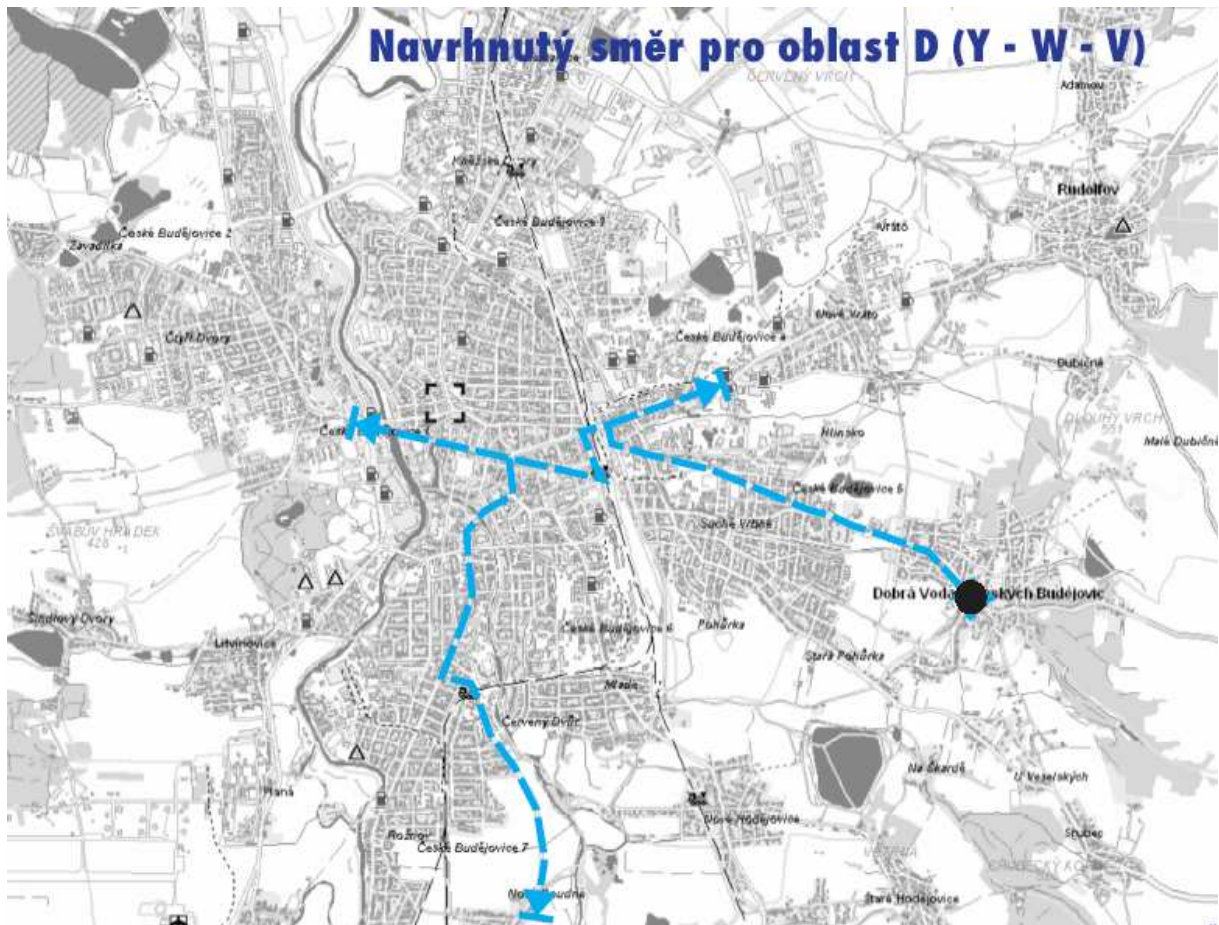
Obr. č.6 Navrhnuté směry pro okrsek B



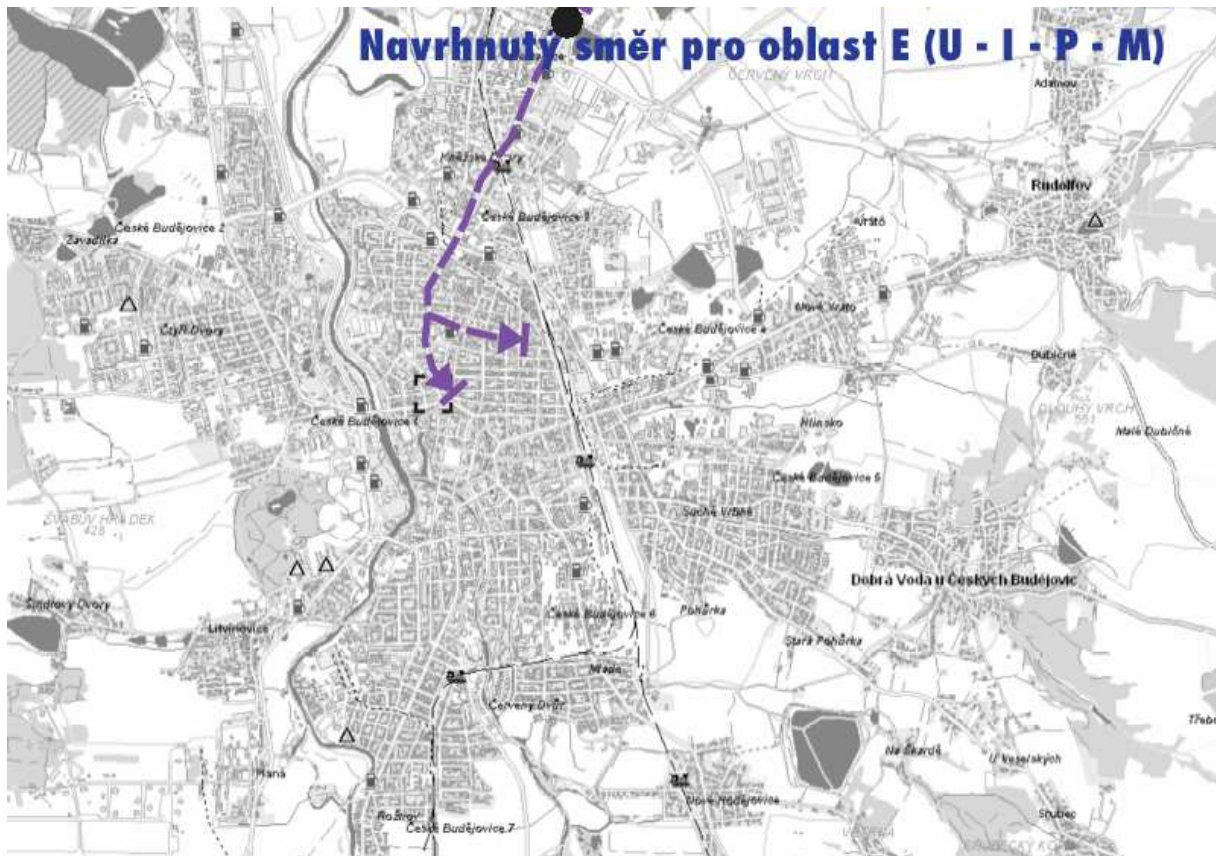
Obr. č.7 Navrhnuté směry pro okrsek C



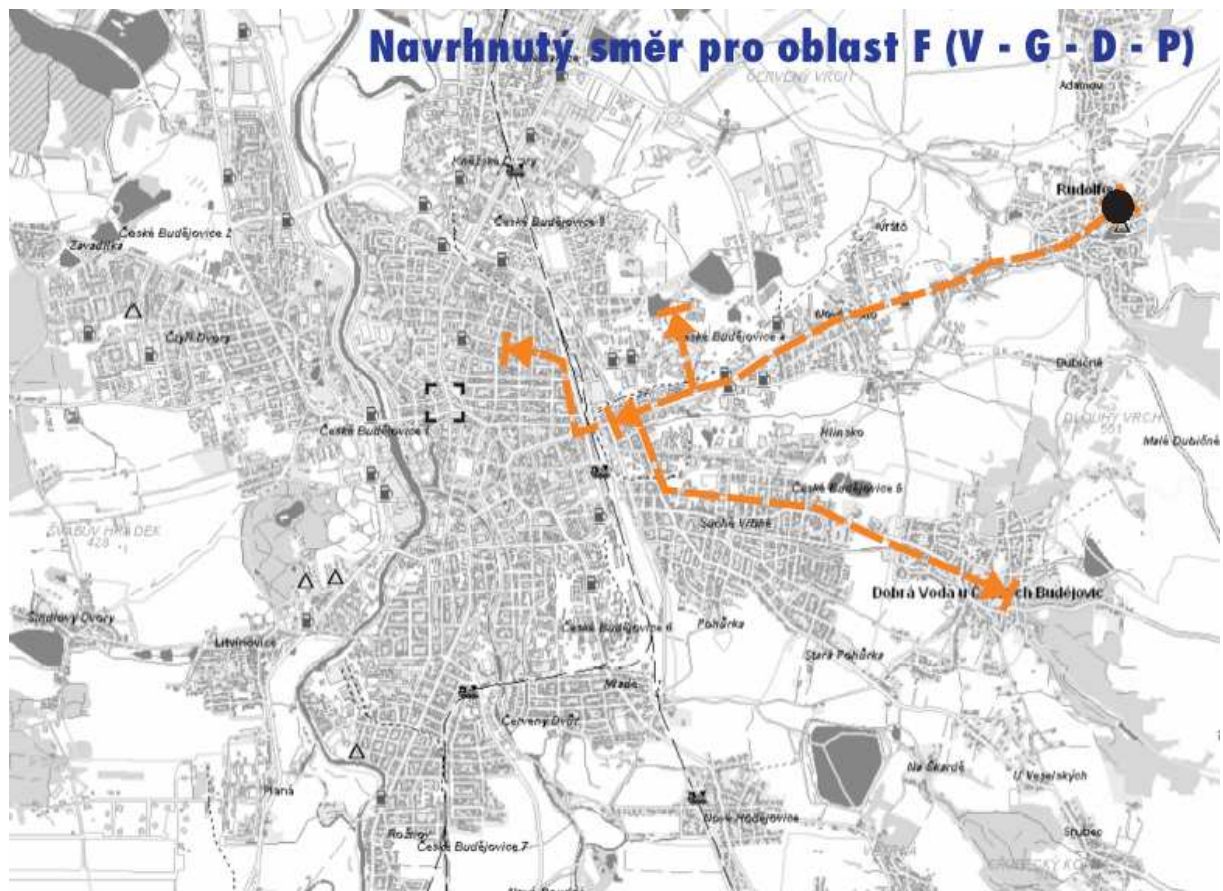
Obr. č.8 Navrhnuté směry pro okresek D



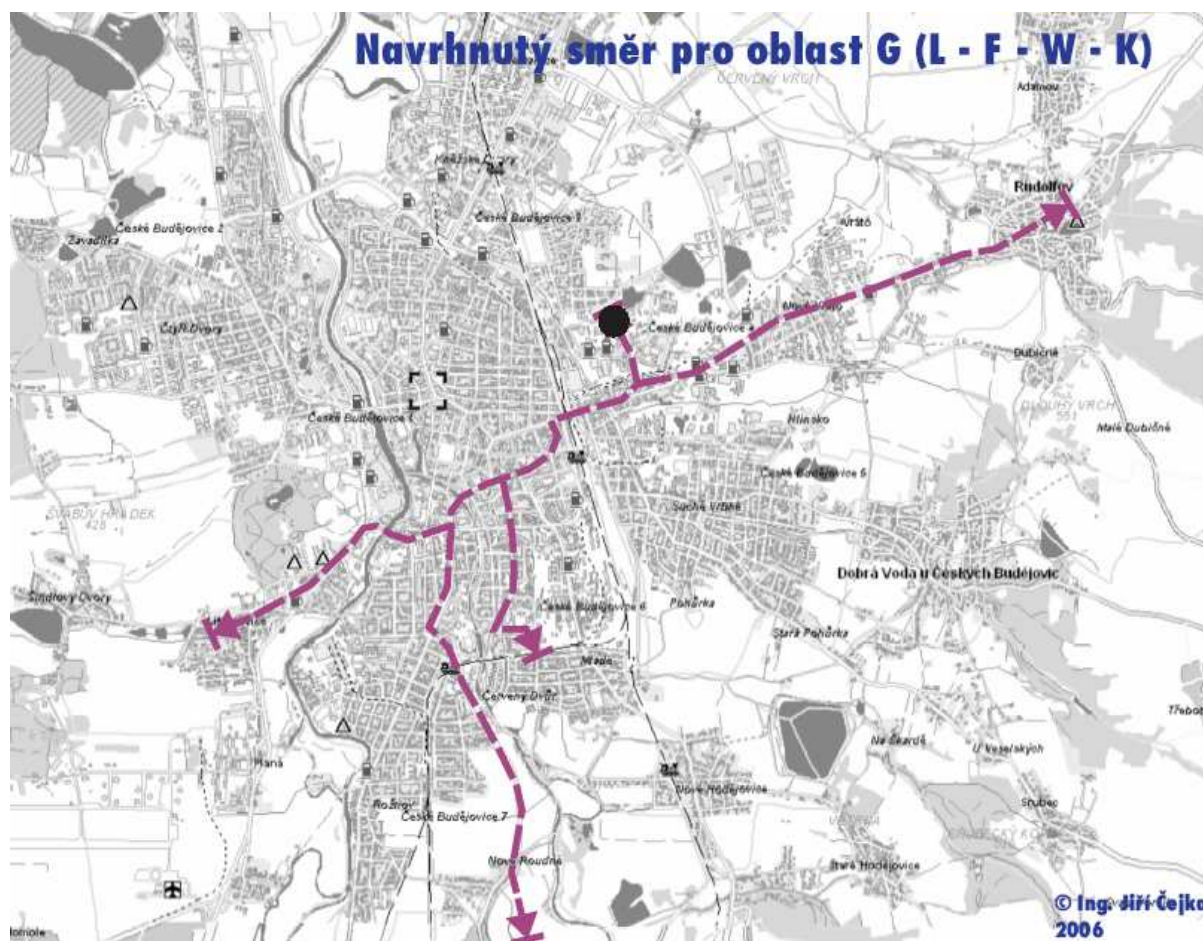
Obr. č.9 Navrhnuté směry pro okrsek E



Obr. č.10 Navrhnuté směry pro okresek F



Obr. č.11 Navrhnuté směry pro okrsek G



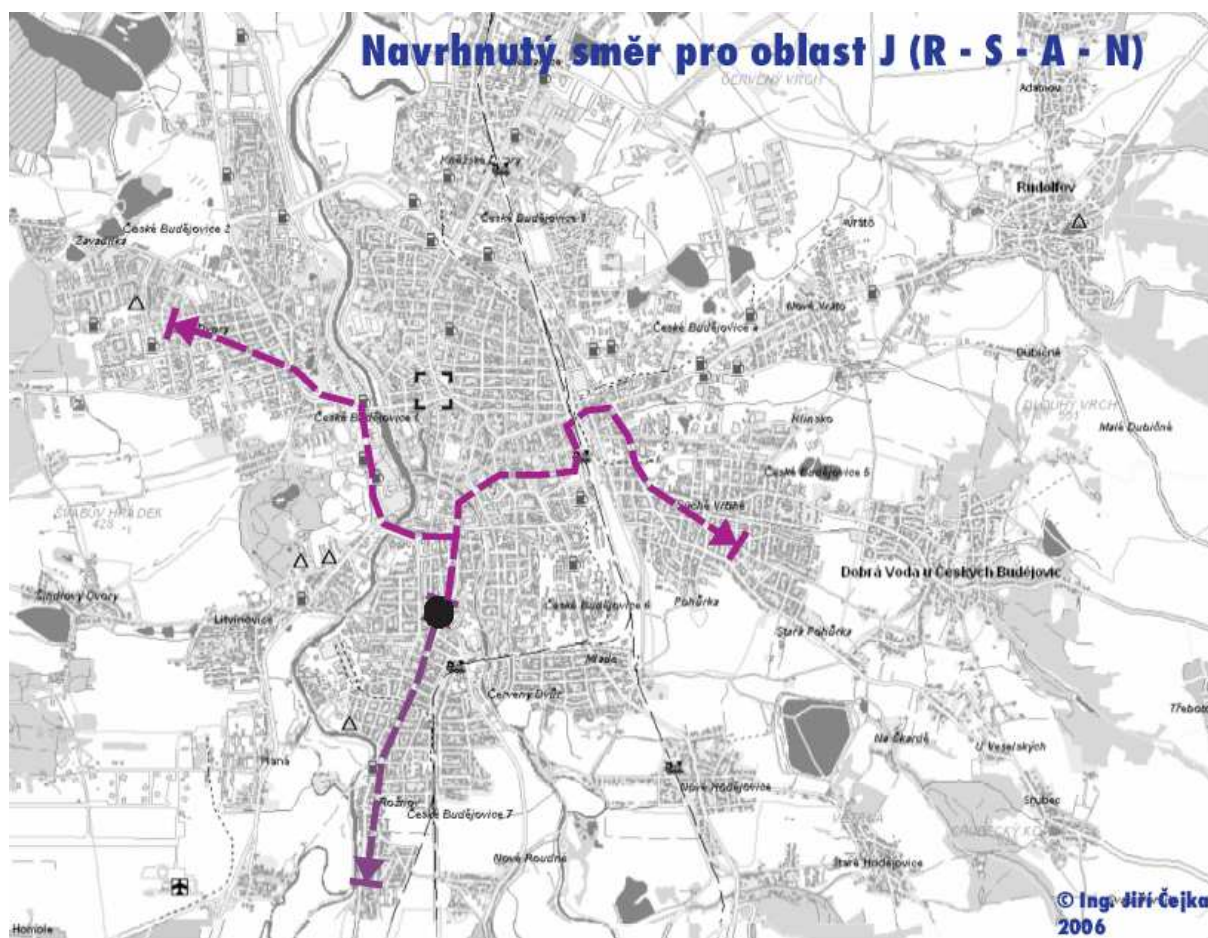
Obr. č.12 Navrhnuté směry pro okresek H



Obr. č.13 Navrhnuté směry pro okrese I



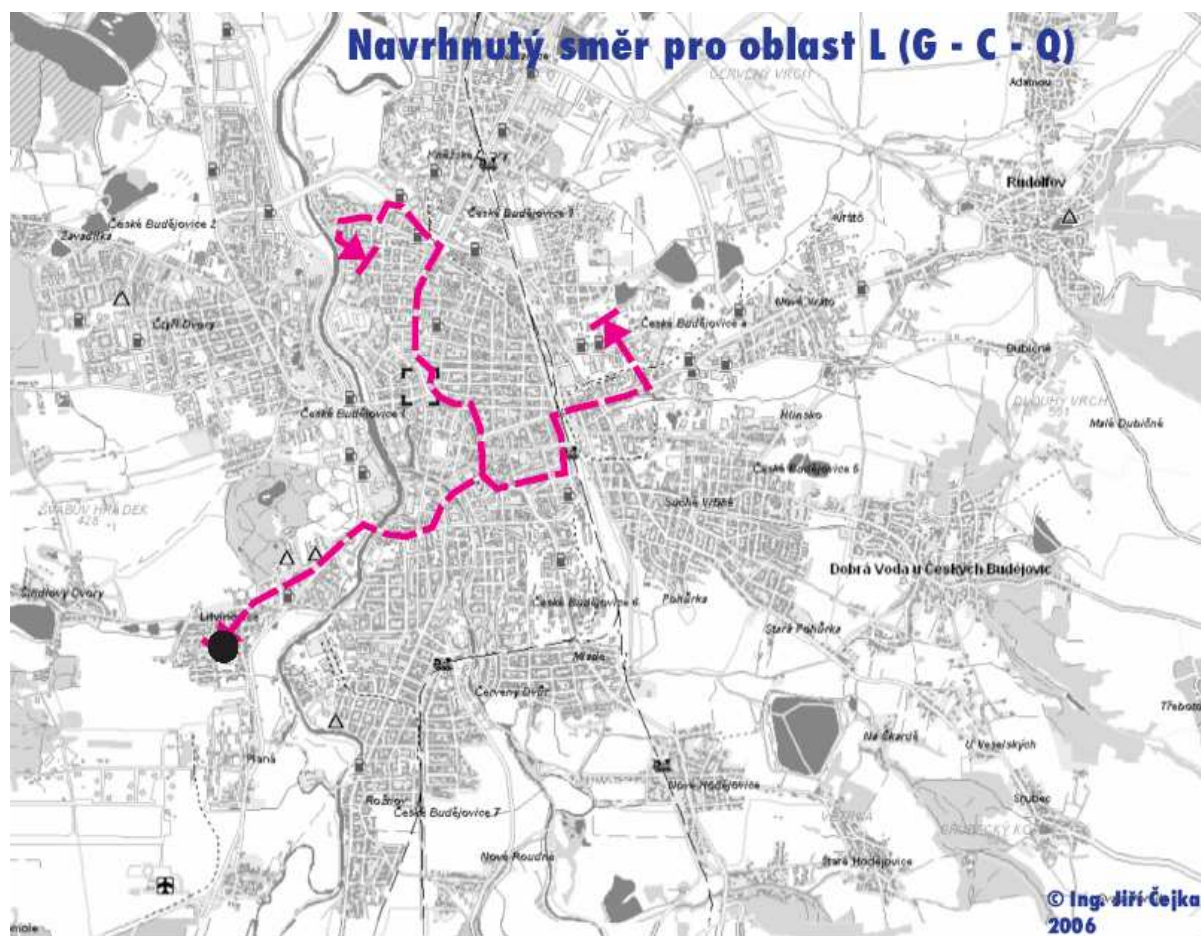
Obr. č.14 Navrhnuté směry pro okrsek J



Obr. č.15 Navrhnuté směry pro okrese K



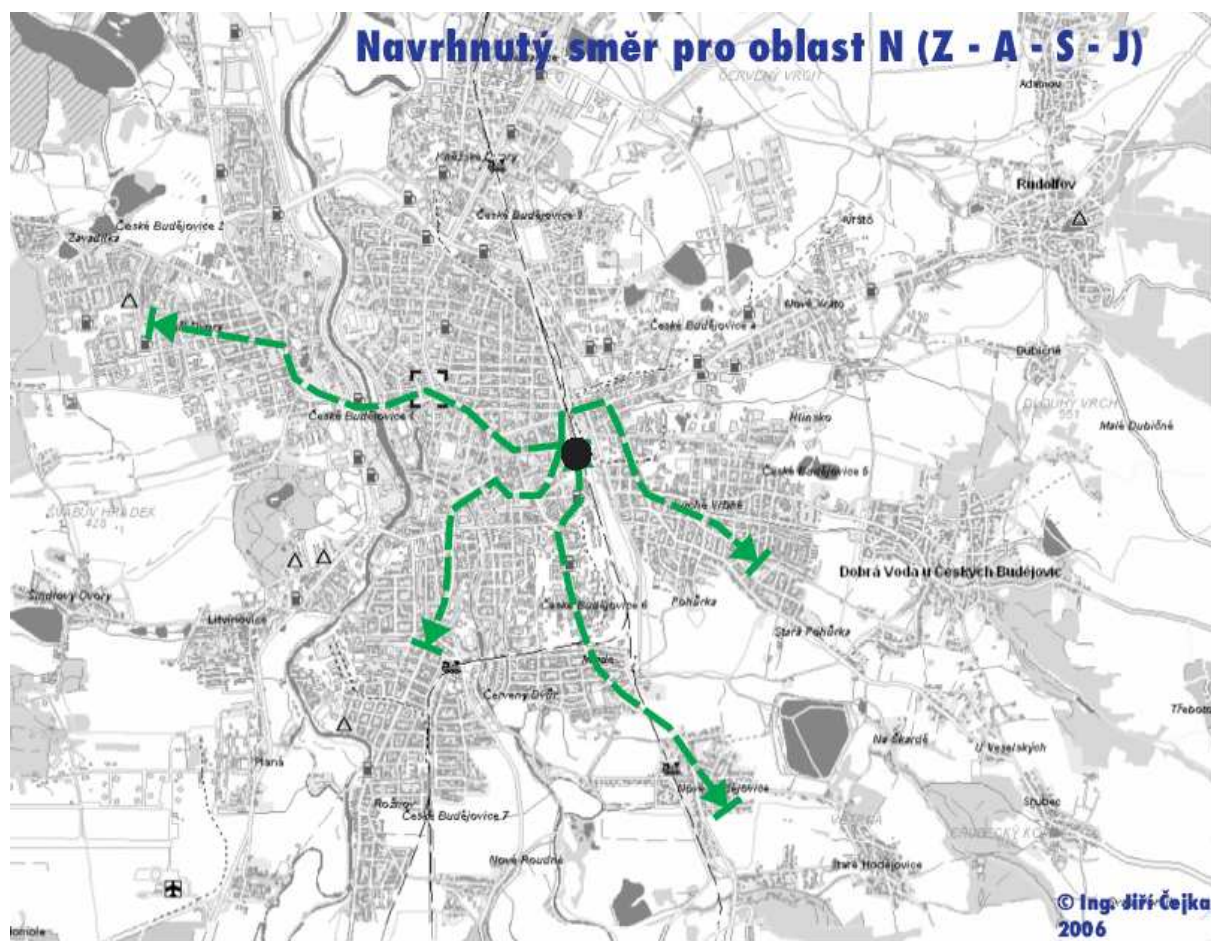
Obr. č.16 Navrhnuté směry pro okresek L



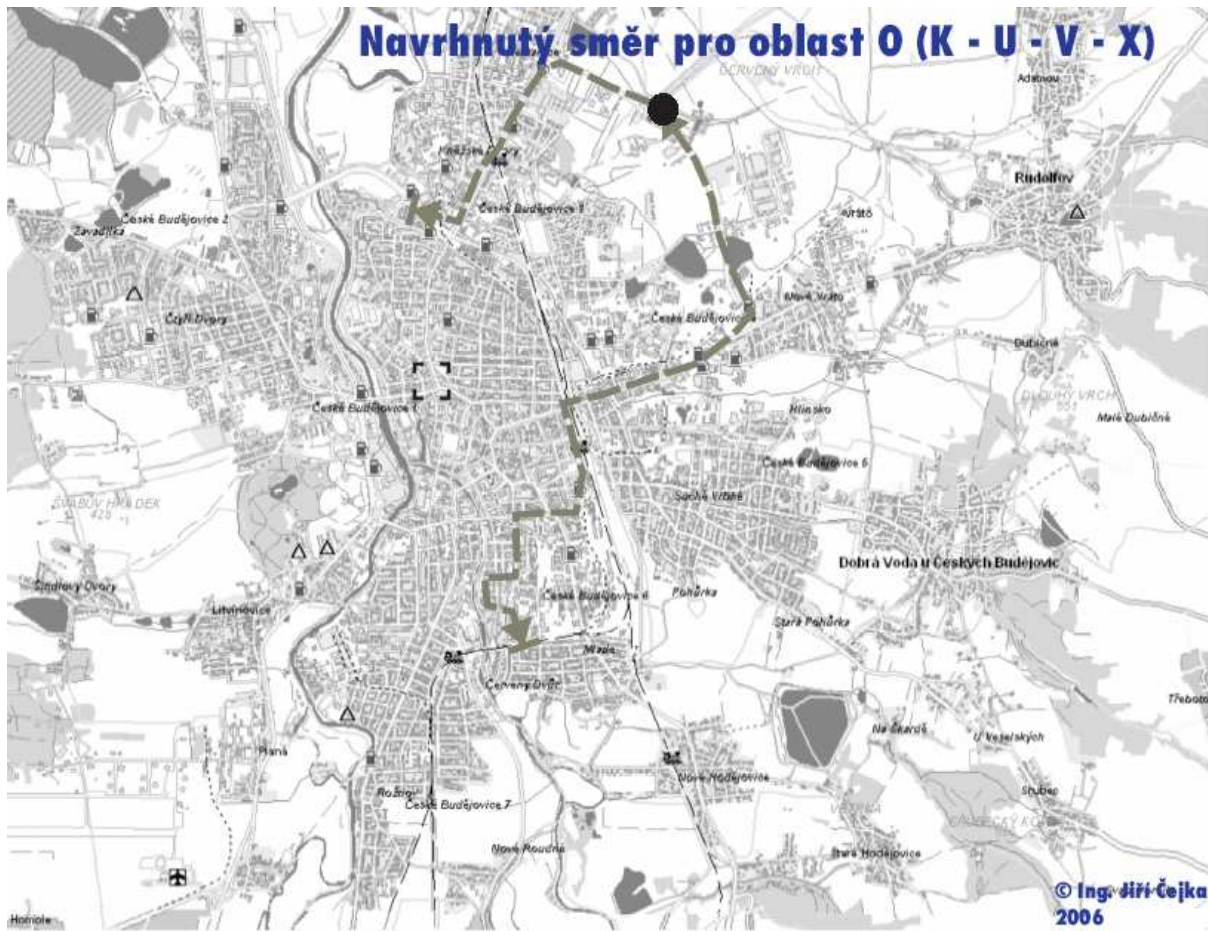
Obr. č.17 Navrhnuté směry pro okresek M



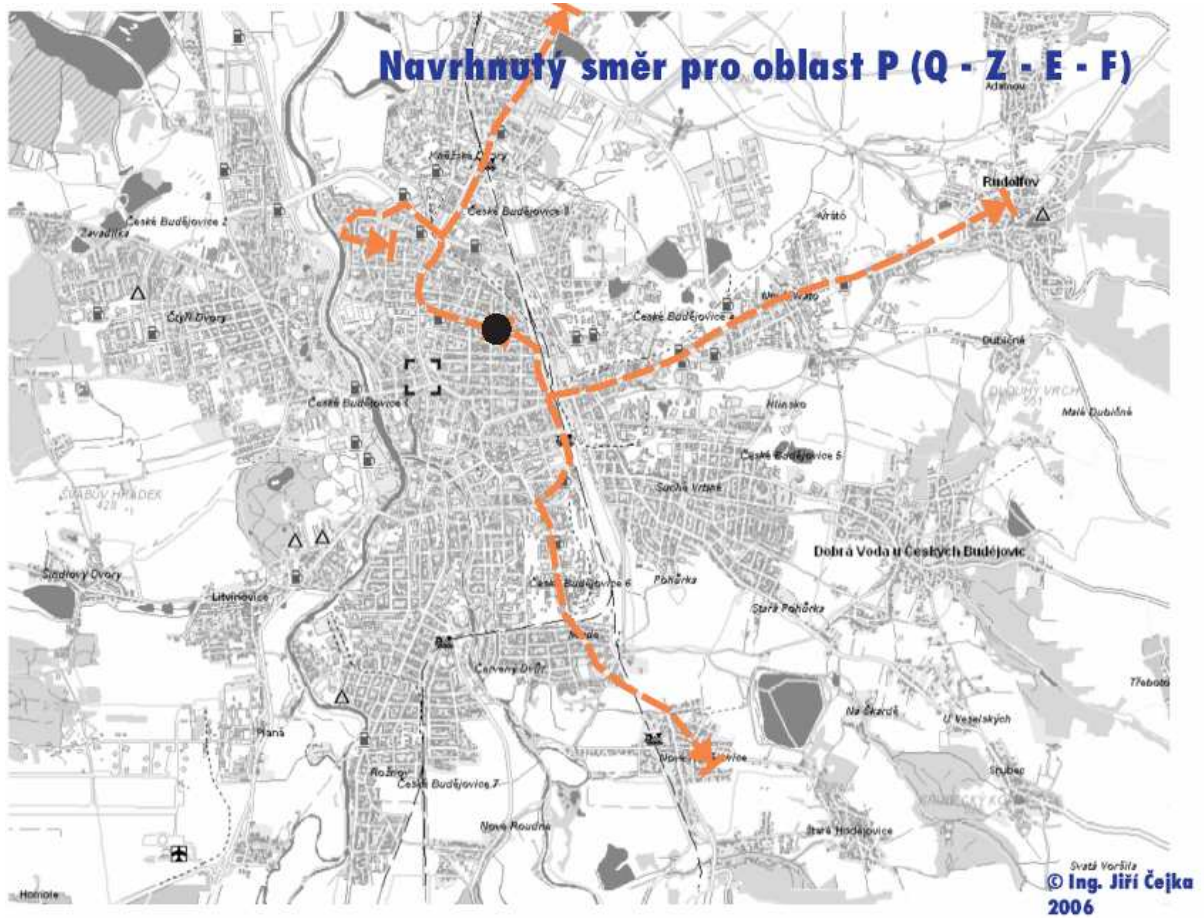
Obr. č.18 Navrhnuté směry pro okrese N



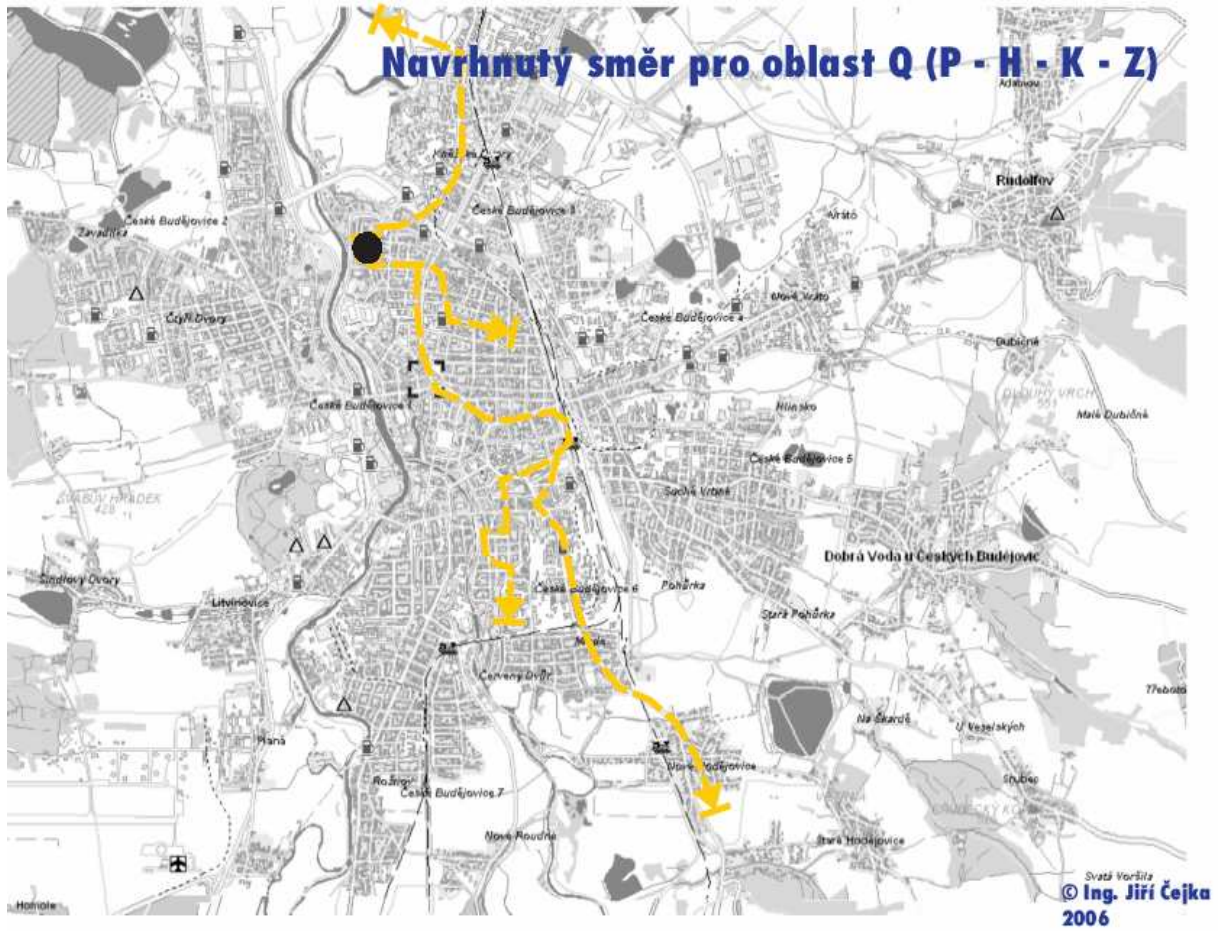
Obr. č.19 Navrhnuté směry pro okrsek O



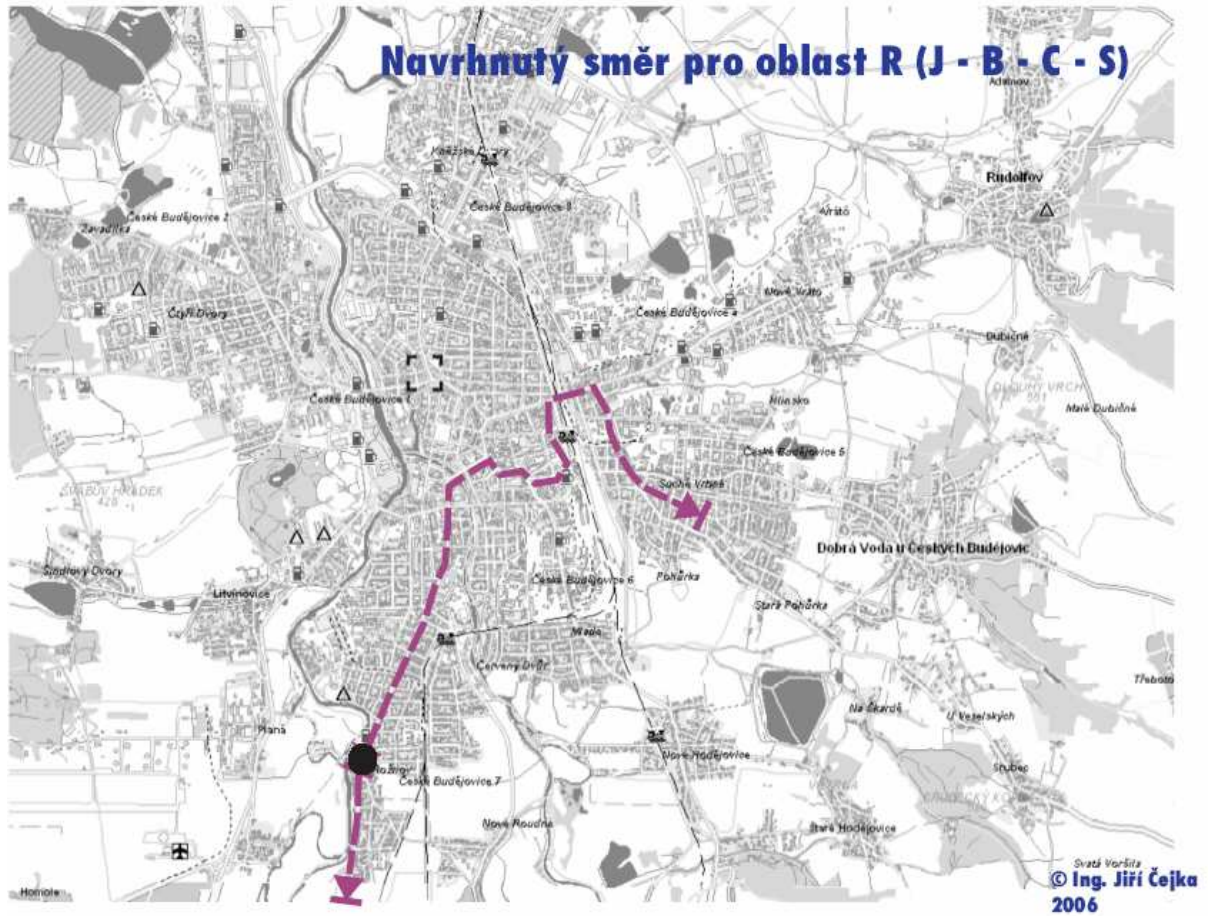
Obr. č.20 Navrhnuté směry pro okrsek P



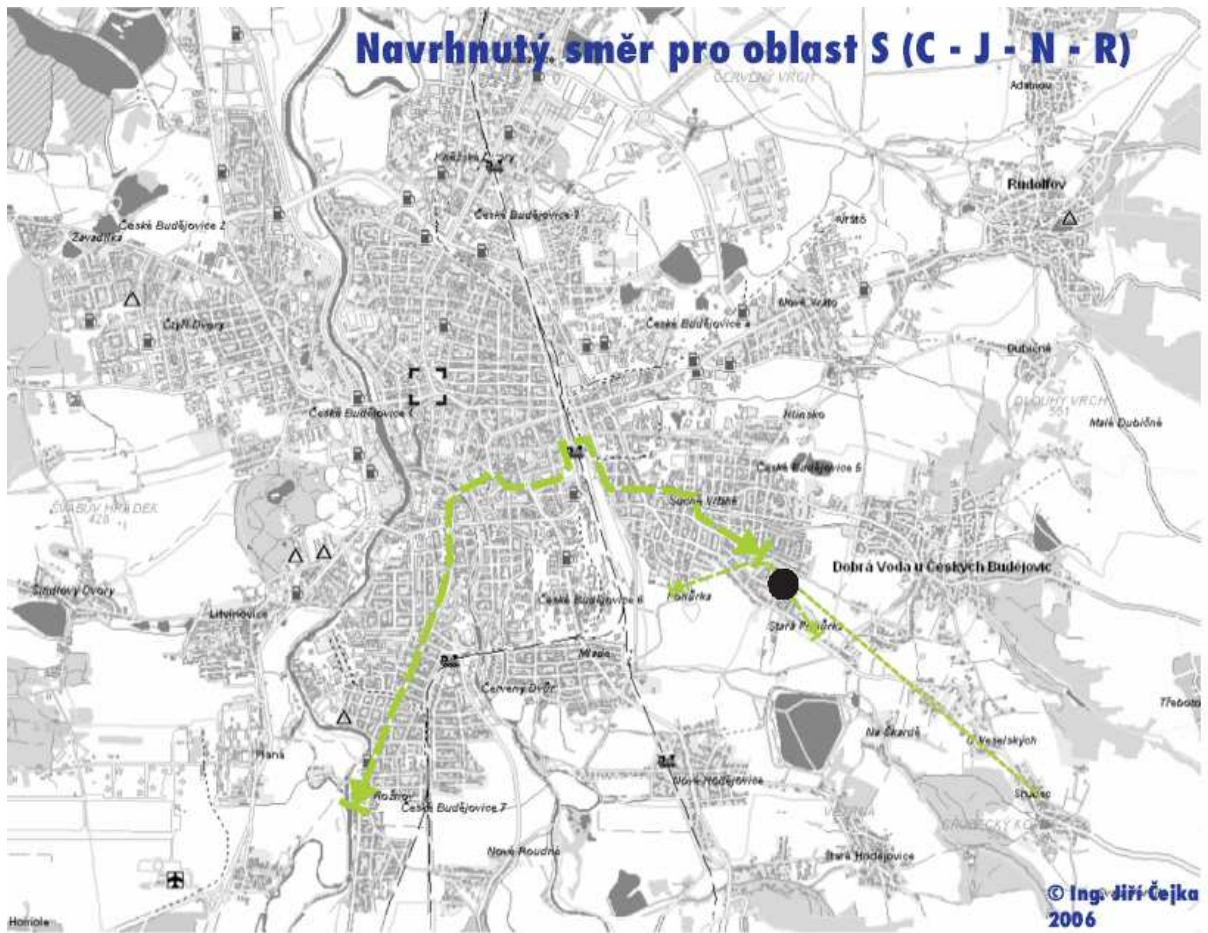
Obr. č.21 Navrhnuté směry pro okrsek Q



Obr. č.22 Navrhnuté směry pro okrsek R



Obr. č.23 Navrhnuté směry pro okrsek S



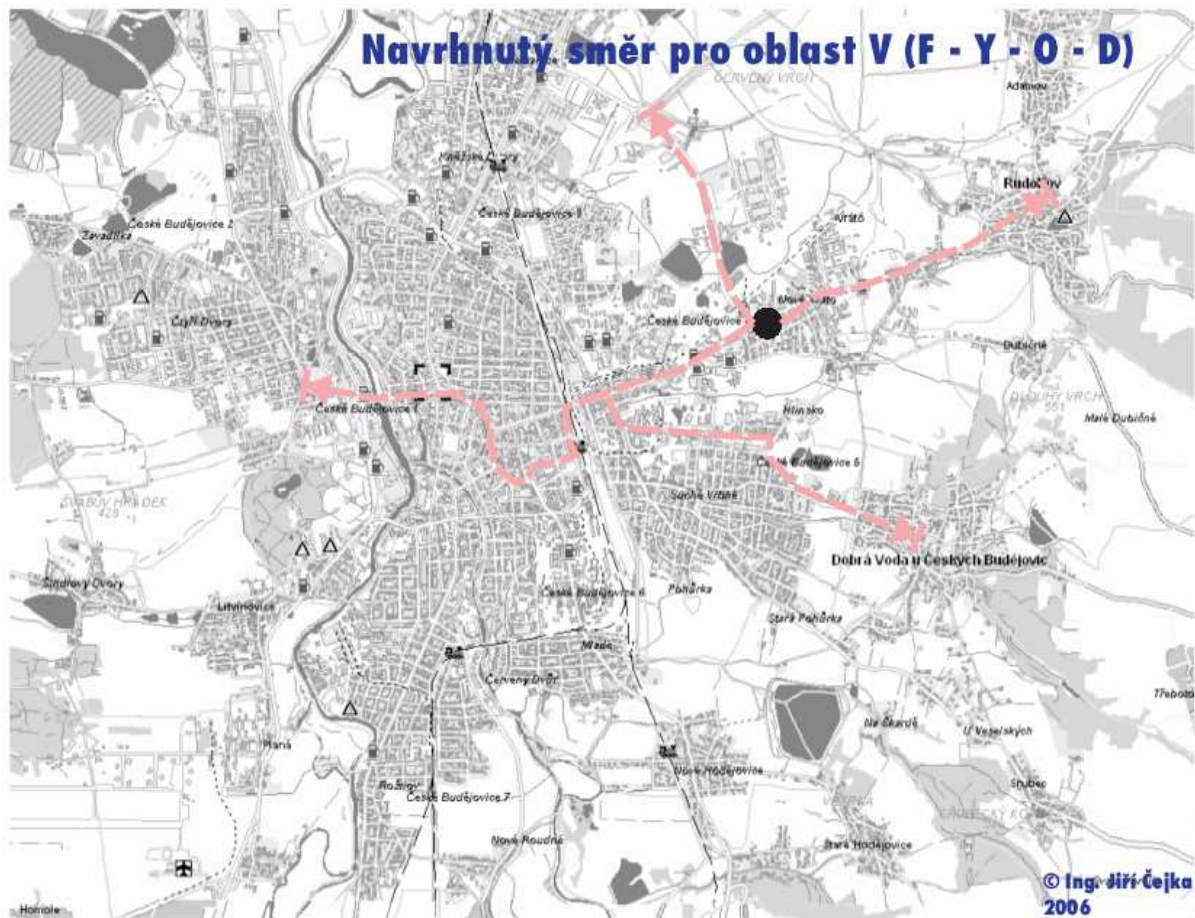
Obr. č.24 Navrhnuté směry pro okresek T



Obr. č.25 Navrhnuté směry pro okrsek U



Obr. č.26 Navrhnuté směry pro okresek V



Obr. č.27 Navrhnuté směry pro okresek W



Obr. č.28 Navrhnuté směry pro okrese X



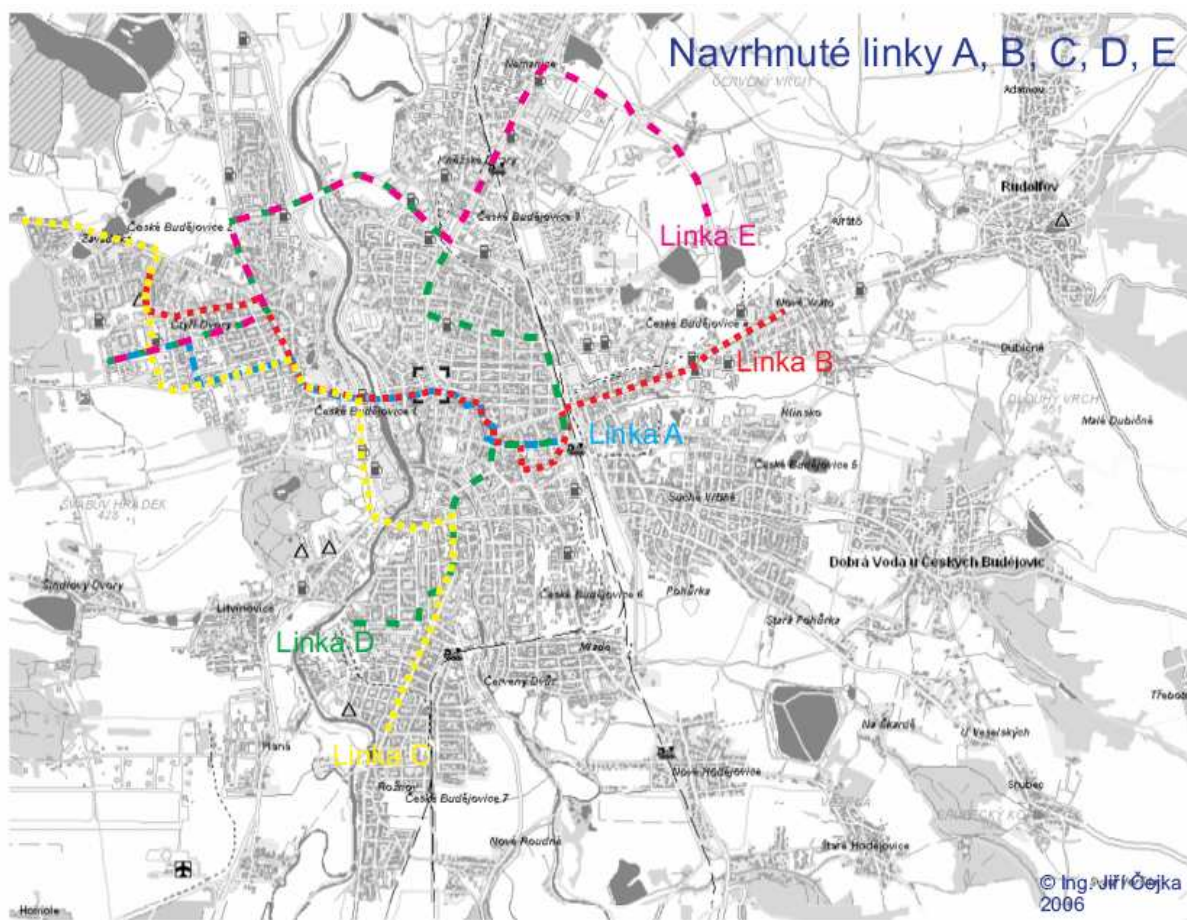
Obr. č.29 Navrhnuté směry pro okresek Y



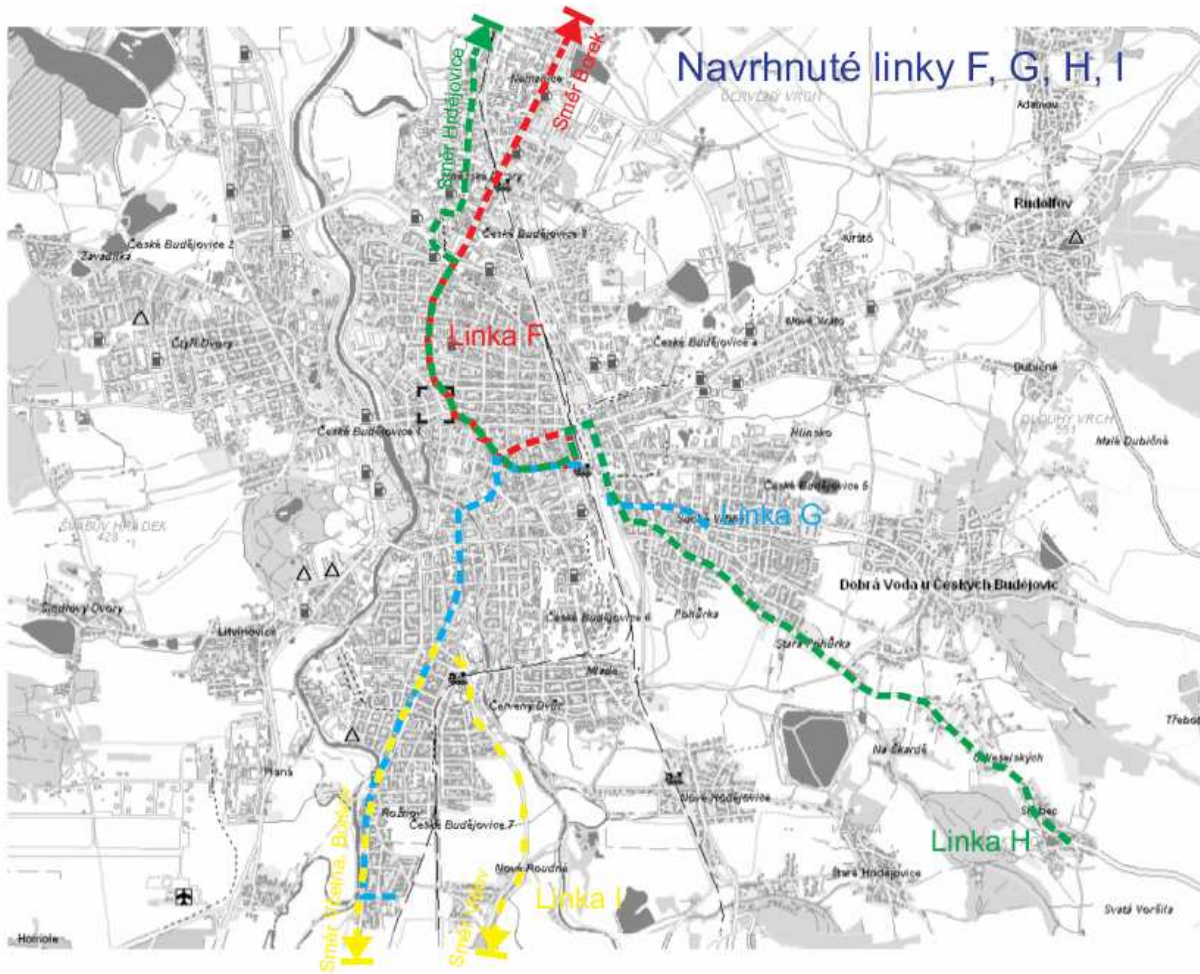
Obr. č.30 Navrhnuté směry pro okrsek Z



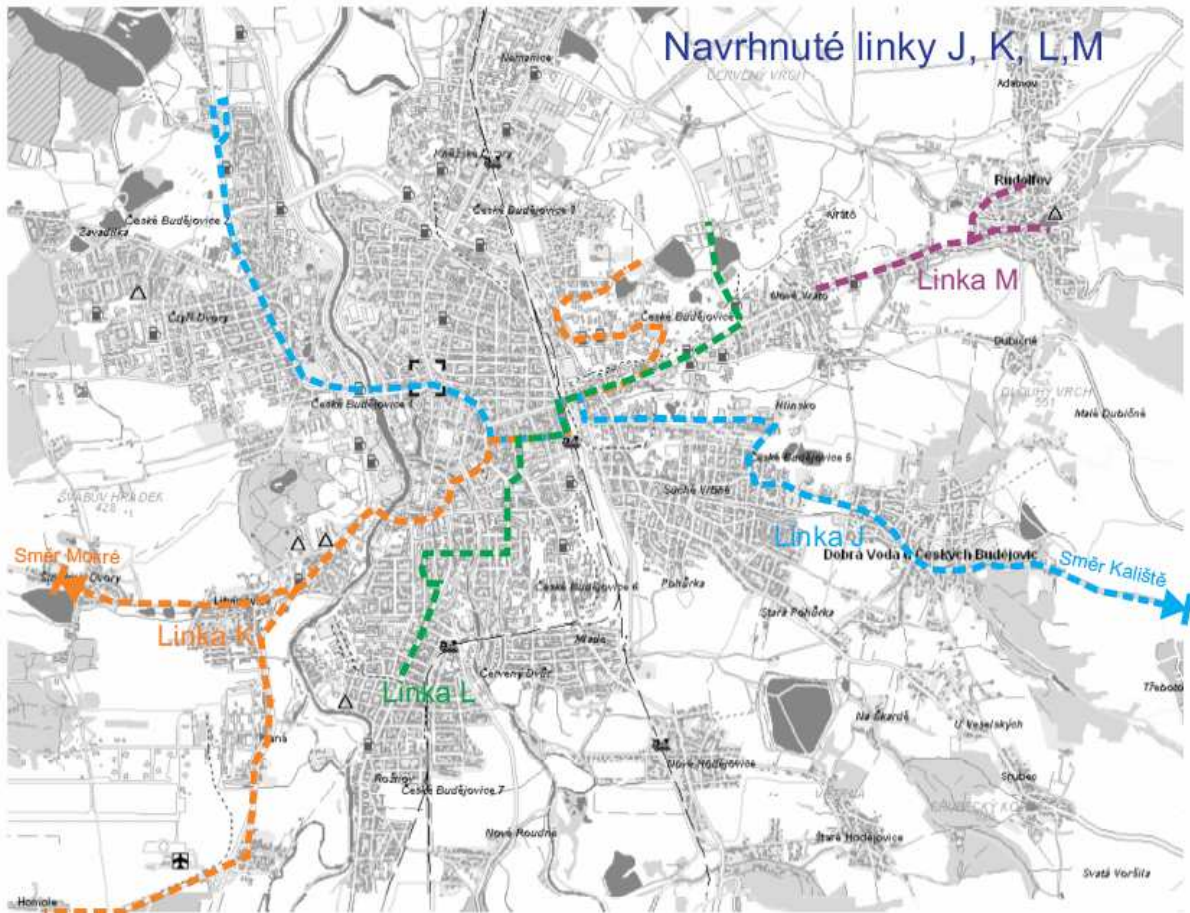
Obrázek č. 31 Linkové vedení pro linky A, B, C, D, E



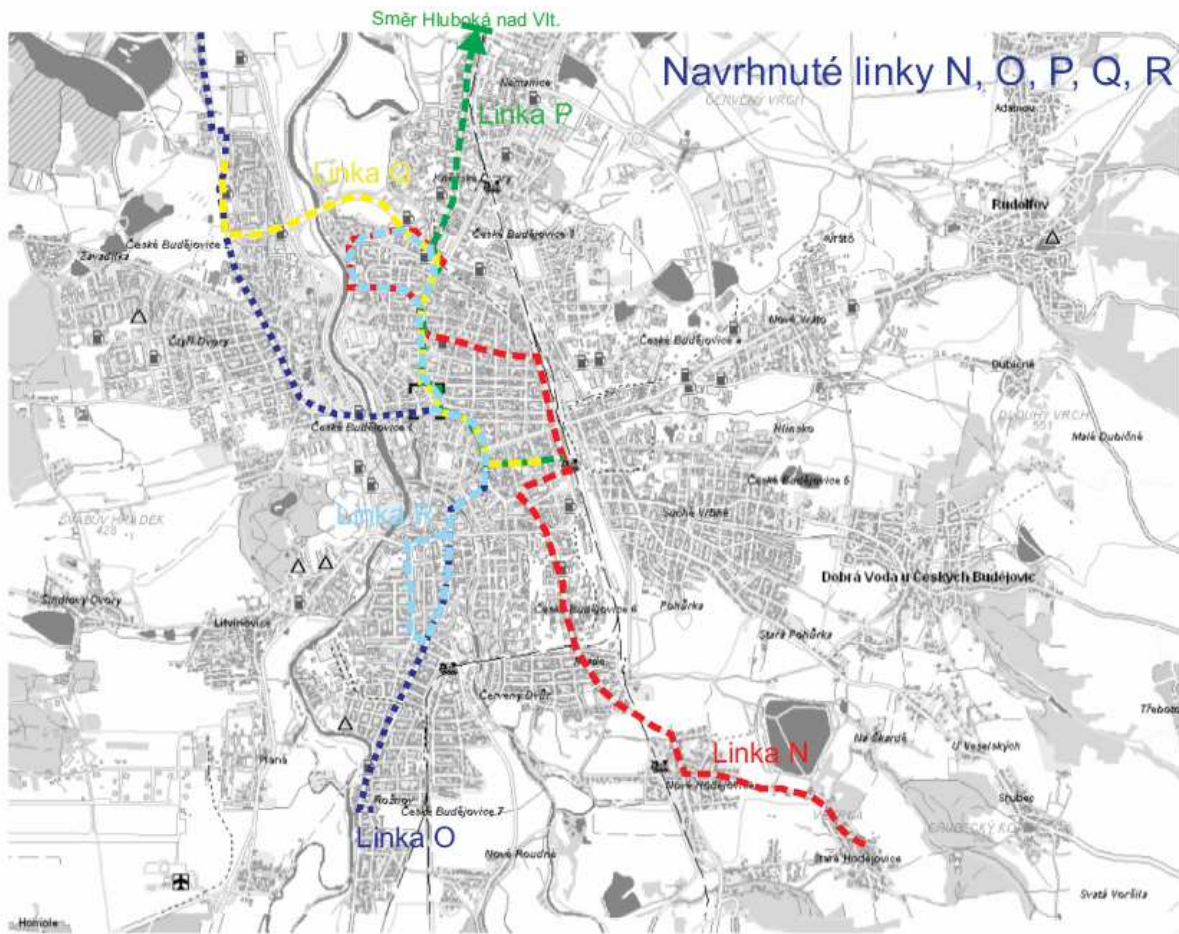
Obrázek č. 32 Linkové vedení pro linky F, G, H, I



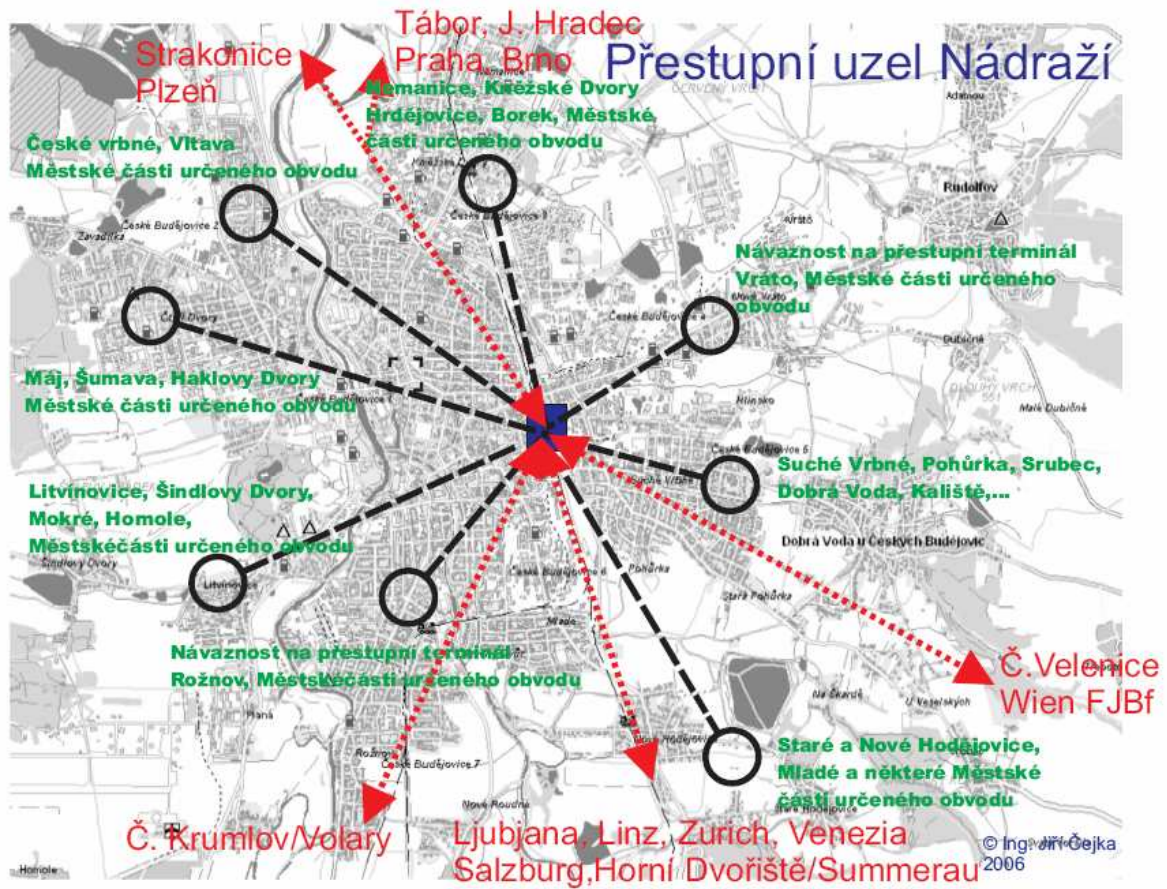
Obrázek č. 33 Linkové vedení pro linky J, K, L, M



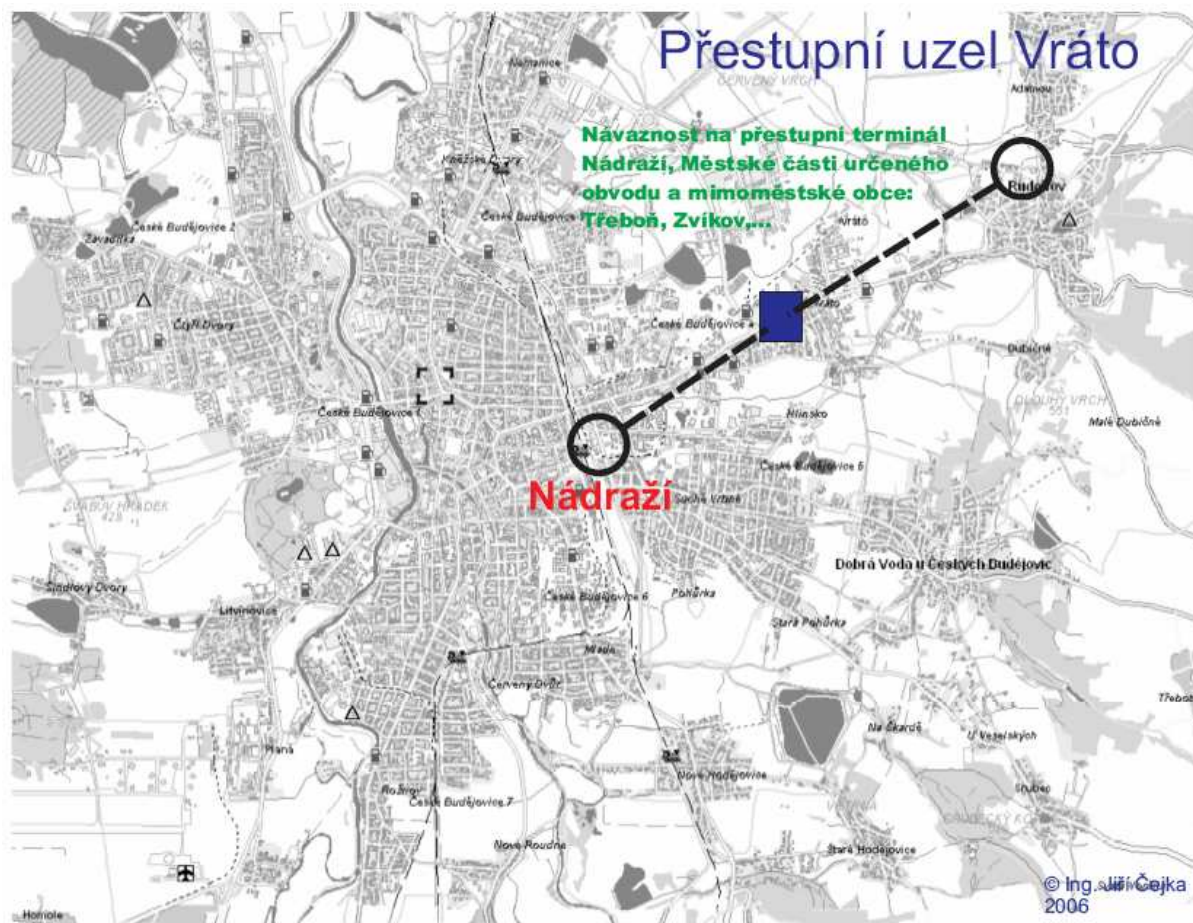
Obrázek č. 34 Linkové vedení pro linky N, O, P, Q, R



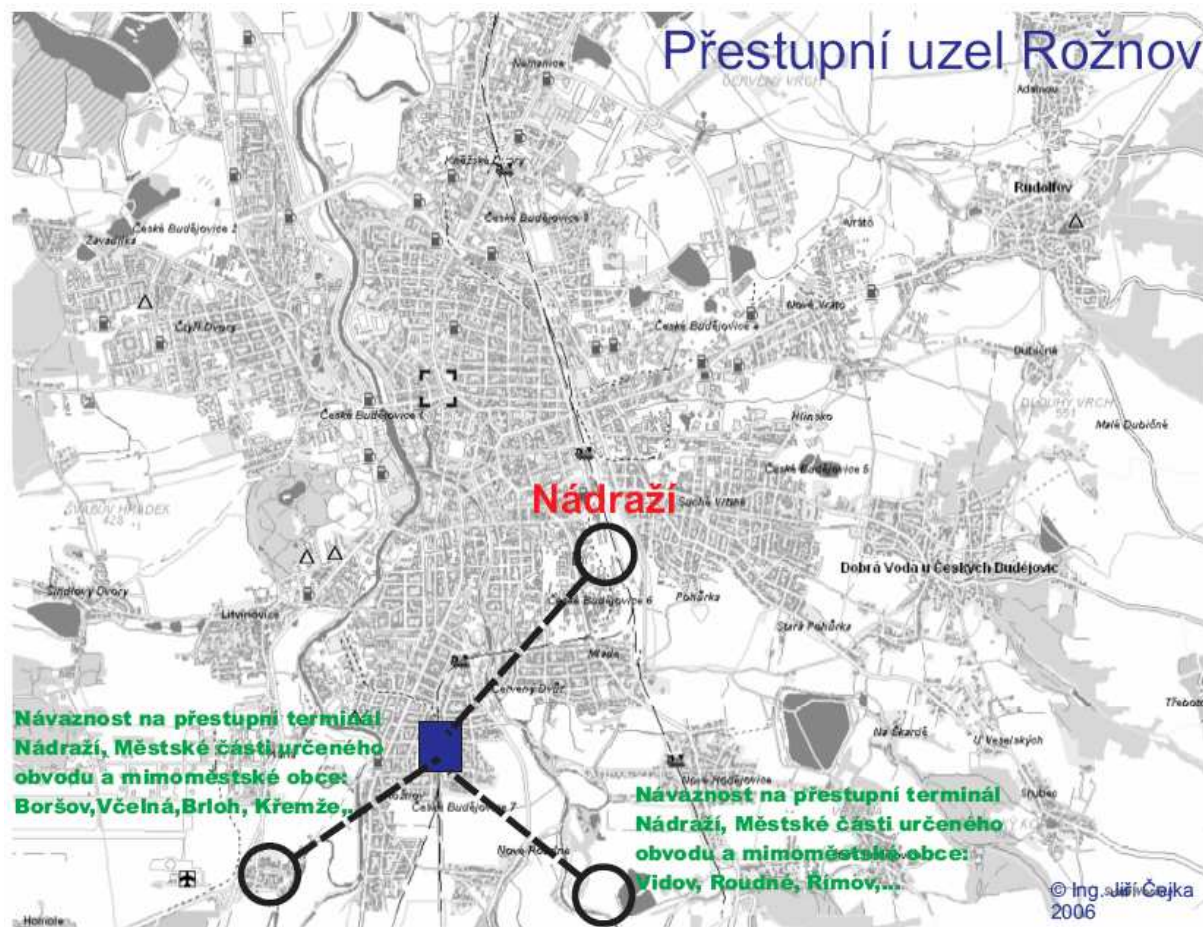
Obrázek č. 35 Přestupní uzel Nádraží



Obrázek č. 36 Přestupní uzel Vrátó



Obrázek č. 37 Přestupní uzel Rožnov



Obrázek č. 38 Přestupní uzel Poliklinika Sever



Obr. č. 39 Vzor nočního jízdního řádu linek MHD v Českých Budějovicích

SUCHÉ VRBNÉ

VLTAVA - SUCHÉ VRBNÉ

MAŠTER/LEVNÝ

TROLEBUSOVÁ LINKA

Městská hromadná doprava v Českých Budějovicích. Informace a podněty: 386 358 116; www.dpmcb.cz. Platí od 09.12.2006 do 10.12.2007

Dopravce: Dopravní podnik města Č. Budějovic a.s., Novohradská 738/40, 370 33 České Budějovice. Tel: 387 240 395, Fax: 387 240 763

seznam zastávek

Jede denně

+	00
+	01
+	02
+	03
+	04
+	05
+	06
+	07
+	08
+	09
+	10
+	11
+	12
+	13
+	14
+	15
+	16
+	17
+	18
+	19
+	20
+	21
+	22
+	23

Schéma nočních linek MHD České Budějovice

- trasa noční linky 53 59
- trasa noční linky
- ustávení noční linky
- obousměrná zastávka
- jednostranná zastávka
- zastávka s obousměrnou přestupní návazností
- zastávka s jednostrannou přestupní návazností
- polohorovost
- železnice, nádraží
- slabé či silné osídlení části města
- historická jádra

© Budějovická trolejbusy <http://trolejby.com>

NOČNÍ LINKA

Příloha č. 2 - Dotazník

I. Využíváte matematické metody ? *Ano - Ne*

II. Pokud ano jaký užitek Vám výsledky přinášejí ? Uveďte prosím číslici

1. *Žádný užitek* 2. *Malý užitek* 3. *Průměrný užitek*

4. *Vysoký užitek* 5. *Velmi vysoký užitek*

III. Uveďte prosím jaké matematické metody a co jimi řešíte.

Výše uvedený dotazník byl rozeslán dopravním formám v Evropě pomocí e-mailu. Byl vytvořen v následujících jazykových mutacích :

ČESKY, NĚMECKY, ANGLICKY, FRANCOUZSKY a RUSKY

Byl rozeslán následujícím firmám.

Curyšský dopravní svaz

Dopravní podnik Lucern

Dopravní podnik Loussane

Dopravní podnik Geneve

Dopravní svaz Horního Labe

Dopravní svaz Štýrska

Dopravní svaz Hamburk

Salzburský dopravní svaz

Dopravní podnik města Petrohradu (Rusko)

Dopravní podnik Moskvy (Rusko)

Dopravní podnik města Lubljany (Slovinsko)

Dopravní podnik – metro Paříž (Francie)

Německé Dráhy – osobní doprava

Německé Dráhy – nákladní doprava

Rakouské spolkové dráhy

Ruské železnice

Švýcarské spolkové dráhy

Post Bus – divize Rakousko

Rétské dráhy (Švýcarsko)

Dopravní podnik města Varšavy (Polsko)

Dopravní podnik Štětín (Polsko)

Tarifo Linec (Rakousko)

Dopravní podnik města Innsbruku (Rakousko)

Dopravní podnik města Bielefeld (Německo)

Finské dráhy

Firma - City Night Line (Švýcarsko)

Dopravní podniky v ČR,...

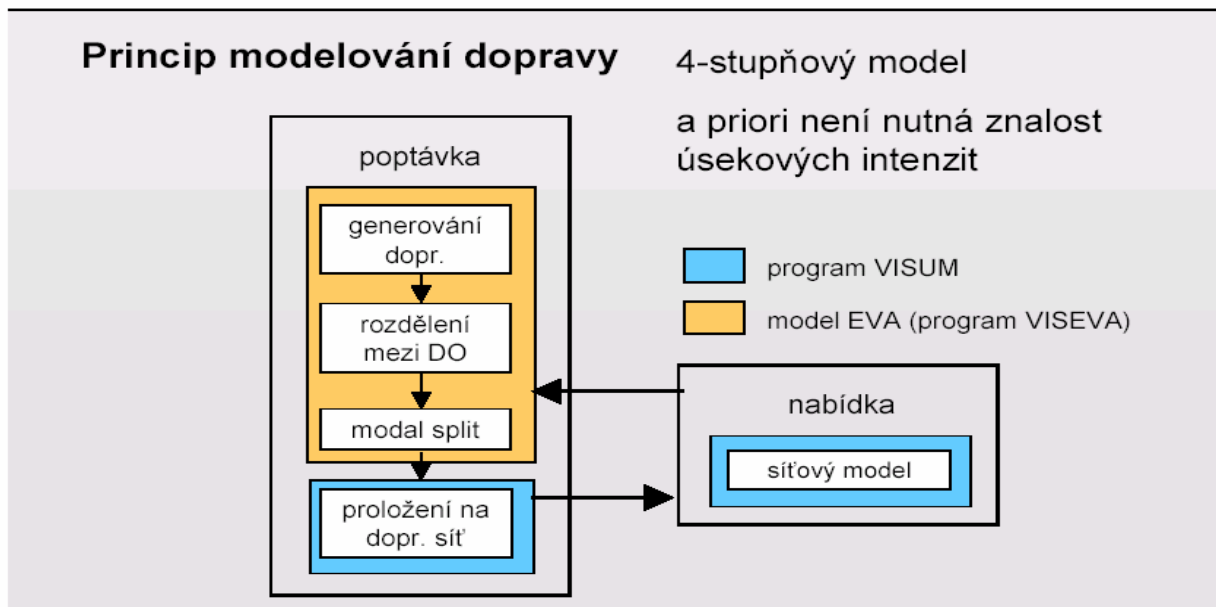
Příloha č. 3 – Sčítací tabulka

OKRSEK :
SMĚNA : ranní x odpolední

												Celkem
Máj, Branišovská	A											
Šumava, Haklovy Dvory												
Boršov	B											
Včelná												
Centrum, Žižkova, Alešova	C											
Senovážné, Jeronýmova												
Dobrá Voda, Kaliště	D											
Třebotovice, Dobrovodská ul.												
Borek	E											
Nemanice												
Rudolfov	F											
Vráto												
Husova kolonie	G											
ČSAD,												
Hosín, Hrdějovice	H											
Hluboká, Kněžské Dvory												
IGY, Družba,	I											
U Trojce												
Poliklinika JIH, Nemocnice	J											
U Soudu, Grünwaldova												
Havlíčková kolonie, Motor	K											
Čechova												
Litvínovice	L											
Homole, Planá, Autocamping												
Mariánské nám., U Zelené ratoles	M											
Poliklinika SEVER												
Nádraží	N											
U Koničky												
Okružní	O											
Palackého nám.	P											
Skuherského												
Pražské sídliště	Q											
Průběžná, Trojická												
Rožnov, Nám. Bratří čapků	R											
Papírenská,												
Srubeo, Suché Vrbné	S											
Pohůrka, Pětidomí, E. Beneše												
Celá Vltava, Globus	T											
České Vrbné												
Hřbitov, U Chromých, Hany Kvapil	U											
U Sever. zastávky, Budvar												
Nové Vráto	V											
Dobrovodská,												
Vídiv, Roudné	W											
U Jižní zastávky												
Vofříkův Dvůr	X											
Suchomelská (Temo)												
Výstaviště	Y											
St. Hodějovice, Nové Hodějovice	Z											
Mladé, Dopravní podnik												

Příloha č. 4 – Modelování v prostředí VISEVA – VISUM.

Modelování dopravy v progr. komplexu VISEVA / VISUM



10. Seznam použité literatury

- [1] Bíla, J.: Umělá inteligence a neuronové sítě v aplikacích. ČVUT, Praha, 1995.
- [2] Bierman, H., Bonini, Ch. P., Hausman, W. H.: Quantitative Analysis for Business Decisions. Homewood, Irwin 1986,
- [3] Čejka J. Nové linkové vedení MHD v Českých Budějovicích pro rok 2005, Sborník pro Magistrát města Č. Budějovic 2004
- [4] Čejka J. Nové linkové vedení MHD v Českých Budějovicích pro rok 2006, Sborník pro Magistrát města Č. Budějovic 2005
- [5] Čejka J. Úspěšný marketing – základní strategie provozování veřejné městské dopravy, Sborník 5. mezinárodní vědecké konference, 10.5.2005 ČVUT Praha
- [6] Čejka J., Šaradín P. Marketing v dodavatelském řetězci. Zborník referátov z mezinárodnej konferencie „Logisticko-distribučné systémy. Technická univerzita vo Zvoleně 2005, s. 174-178. ISBN 80-228-1446-6
- [7] Čejka J. Silniční doprava a přeprava – MHD a IDS, VOŠ, SPŠ automobilní a technická české Budějovice 2006
- [8] Čejka J., Kovařík, J. Dopravní průzkum ve městě České Budějovice. Sborník DPMCB., Dopravní podnik města Českých Budějovic a.s. 2006
- [9] Čejka J., Týma M., Logistika I. VOŠ SPŠ automobilní a technická České Budějovice 2007
- [10] Čejka J., Týma M., Logistika II. VOŠ SPŠ automobilní a technická České Budějovice 2007
- [11] Černá, A., Černý, J.: Teorie řízení a rozhodování v dopravních systémech, Pardubice , Institut Jana Pernera, 2004, ISBN 80-86530-15-9
- [12] Černý, J. Kluvánek, P. Základy matematické teorie dopravy, Slovenská akademie věd, 1989
- [13] Dittrich, T. Verkehrsplanerische Berechnungen mit dem Modellkomplex VISEVA/VISUM zur Wirksamkeit einer Regiotram in der Region Liberec, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr, 2005
- [14] Driankov, D., Hellendoorn, H., Reinfrank, M.: An Introduction to Fuzzy Logic, Springer-Verlag, 1993, ISBN 3-540-56362-8.
- [15] Driankov, H. Hellendoorn, M. Reinfrank: An Introduction to Fuzzy Control , Springer, Berlin, Heidelberg, 1993.
- [16] Faltus, V. Aplikace Petriho sítě při modelování dynamického řízení křižovatek, Automatizace 48, č. 2, s. 88
- [17] Fanta, J.: Neural Connection 1.0 -- Modelování pomocí neuronových sítí. PC World, 1997, No. 4, s. 58-60.

- [18] Fotr, J., Dědina, J.: Manažerské rozhodování. Praha, Ekopress 1997
- [19] Fiala, J., Jablonský, J., Maňas, M.: Vícekriteriální rozhodování. Praha, VŠE 1994
- [20] Feldman, E.- Lehrer, F. A. – Ray, T.L.: Warehouse Location under Continuous Economies of Scale. Management Science 12, 1966, No. 9 s. 670 – 684
- [21] Janáček, J.: Optimalizace dopravních nákladů pomocí dekompozičních metod. Doprava 31, 1989, č.4, s. 340 – 346
- [22] Janáček, J.: Metody snižování nákladů při distribuci zboží. Doprava 35, 1993 č. 4 s. 172 – 175
- [23] Judin, D. B.: Matematické metody riadenia prineúplnej informácii. Alfa, Bratislava 1981
- [24] Jura, P.: Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování, VUTIUM Brno, 2003, ISBN 80-214-2261-0.
- [25] Kecman, V.: Learning and Soft Computing, The MIT Press, 2001, ISBN 0-262-11255-8
- [26] Korda, B. a kol.: Matematické metody v ekonomii. SNTL, Praha 1967
- [27] Kostylev, I. I., Popov, S. A. Problematika transportnych sistem. Elomor, Sankt-Peterburk 2005, ISBN 5-7399-0119-7
- [28] Kubát, J.: Lagerstandortoptimierung mit Hilfe des Verfahrens Branch and Bound. Ekonomicko matematický obzor 11 1975 s. 65-83
- [29] Kubát, J.: Metody operační analýzy v logistice. Manipulace, skladování, balení 19, 1989 č. 12 s. 358-361
- [30] Laščiak, A. a kol.: Opimálne programovanie. Alfa, Bratislava 1983
- [31] LI, J.; Wang, O.; Bushnell, L.; Hong, Y.; Tanaka, K. A Fuzzy Logic Approach to Optimal Control of Nonlinear Systems. International Journal of Fuzzy Systems, September 2000, Vol. 2, No. 3.
- [32] Mann, Q.: Optimalizace zásob v praxi. SNTL, Praha 1979
- [33] Maňas, M. a kol.: Operační výzkum. SPN Praha 1971
- [34] Maňas, M.: Optimalizační metody. SNTL Praha 1979
- [35] Maňas, M.: Teorie her a její aplikace. Praha, SNTL 1991
- [36] Martinec, I.: Stochastický algoritmus pro okružní dopravní úlohy s více stanovišti. Ekonomicko-matematický obzor 26, 1990 č.2 s. 176 – 190
- [37] Martinec I.: Optimalizace ve skladovém hospodářství, manipulaci s materiálem a přepravě. Manipulace, skladování, balení 19. 1990, č.8 s. 245 – 248
- [38] Martinec, I. – Strnadová, V.: An Exact Algorithm for a Vase of Fixed-Cost Transportation Probléme. Ekonomicko-matematický obzor, 1983, č.3, s. 337 – 353
- [39] Mařík, V., Štěpánková, O., Lažanský, J. a kol.: Umělá inteligence (4): Academia, 2003, ISBN 80-200-1044-0
- [40] Mojžíš, V., Cempírek, V., Tuzar, A., Široký J.: Logistické technologie, Pardubice, Univerzita Pardubice, 2003, ISBN 80-7194-469-6

- [41] Mojžíš, V., Bína, L.: Logistická centra a doprava, In. Logistika 11/2000 s. 17-18 ISSN 1211-0957
- [42] Munakata, T.: Fundamentals of the New Artificial Intelligence, Springer-Verlag New York, Inc., 1998. ISBN 0-387-98302-3
- [43] Navara, M., Olšák, P.: Základy fuzzy množin. Skriptum CVUT, Praha, 2002.
- [44] Pelikán, J.: Dopravní problém s kontejnerovou přepravou. Ekonomicko-matematický obzor 20, 1984, č. 4, s. 434 – 442
- [45] Pelikán, J.: Heuristická metoda řešení kontejnerového dopravního problému. Ekonomicko-matematický obzor 26 1990 č.3, s 286 – 290
- [46] Pernica, P.: Logistika. VŠE Praha 1994
- [47] Pernica, P.: Proč zavádět logistiku. Logistika 1, 1995 č.1, s. 38 – 41.
- [48] Pitel, J. a kolektiv: Ekonomicko-matematické metody. Bratislava, Příroda 1988
- [49] Raskin, L.G. – Kiričenko, I.O.: Mnogoindeksnyje zadači linějnogo programirovanija. Radio i svaz, Moskva 1982
- [50] Strnadová, V.: Minimalizace počtu odběrů ze skladových jednotek. Manipulace, skladování, balení 11, 1982, č. 11 s. 341 – 344
- [51] Stevenson, W. J.: Introduction to Management Science. Homewood, Irwin 1989
- [52] Šíma, J., Neruda, R.: Teoretické otázky neuronových sítí, MATFYZPRESS, 1996, ISBN 80-85863-18-9
- [53] Šotek, K.: Projekt GA-ČR č.103/96/1711 Simulační model dopravního uzlu
- [54] Teda J., Schindler J: Plánování personálního zabezpečení servisních činností metodou neuronových sítí, sborník z konference MOSIS'97, VŠB - TU Ostrava 1997, díl 2, str. 193 - 199
- [55] Tuzar, A., Maxa, P., Svoboda, V.: Teorie dopravy, ČVUT Praha 1997
- [56] Unčovský, L. a kol.: Operační analýza v řízení podnikov. Alfa, Bratislava 1985
- [57] Unčovský, L. a kol.: Modely siet'ovej analýzy. Alfa. Bratislava 1991
- [58] Vaněčková, E.: Rozhodovací modely. České Budějovice, ZF JU 1998
- [58] Vaněčková, E.: Ekonomicko-matematické metody. České Budějovice, ZF JU 1996
- [59] Volek, J.: Operační výzkum I., Pardubice, Univerzita Pardubice, 2002, ISBN 80-7194-410-6
- [60] Volek, J.: Návrh systému recyklace ojetých automobilů a vraků, sborník celostátní konference technických univerzit a průmyslu TRANSFER 98, Praha 1998, s. 263-264
- [61] Volek, J.: Rozhodování v oblasti recyklace ojetých vozidel, sborník k 5. výročí založení Fakulty dopravní ČVUT, Praha 1998, s. 204 - 207
- [62] Vysoký, P.: Fuzzy řízení, skriptum FEL ČVUT Praha, 1996, ISBN 80-01-01429-8.
- [63] Wilson, R. C.: A Packaging Problem. Management Science 12, 1965 No. 4, s. 135 – 145
- [64] Wisniewski, M.: Kvantitativní metody v rozhodování. Praha, 1997 Victoria Publishing

<http://www.hestley.com/>

http://www.cas.cz/cz/Dokumenty/vyz_zam_det.php